



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
(магистерскую диссертацию)

На тему: «АНАЛИЗ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ

АФРИКЕ »

Мангуби Мунаму Бланшелиа Кадин

Исполнитель

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

доцент, кандидат физико-математических наук
(степень, ученое звание)

Кашлева Лариса Владимировна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Дробжева яна викторовна

(фамилия, имя, отчество)

« 03 » 06 2024 г.

Санкт-Петербург

2024

ОГЛАВЕНИЕ

Введение.....	2
Глава 1. Конвективные облака в Центральной Африке.....	4
1.1 Условия для образования конвективных облаков.	4
1.2 Особенности тропических конвективных облаков	13
Глава 2. Внутренняя тропическая зона конвергенции.....	22
2.1 Условия формирования внутритропической зоны конвергенции	22
2.2.Облака в межтропической конвективной зоне.....	34
Глава 3. Анализ конвективной облачности в районе экватора	42
3.1 Термодинамические критерии конвективной неустойчивости в атмосфере.....	42
3.2 Анализ режима осадков и температурного режима в Пойн-Нуар (Конго) и в Адижане (Кот-де-Вуар)	58
Заключение.....	70
Литературы.....	73

Введение

В развитии погоды и климата планеты экваториальная зона играет чрезвычайно важную роль. Из-за близости к экватору Центральная Африка характеризуется высокими температурами. Эта зона аккумулирует тепло и влагу. Изучение процессов облакообразования в этой экваториальной зоне представляет большой интерес.

Близость к экватору имеет два важных последствия: относительно высокий радиационный баланс на границе раздела с небольшими колебаниями и высокая облачность, тесно связанная как с сильной конвекцией над метеорологическим экватором, так и с характеристиками адвективных потоков морского происхождения. Особенности функционирования глобальной климатической системы в атмосфере планеты можно объяснить только при правильном понимании процессов, происходящих в экваториальных зонах. Облачность во многом определяет радиационный режим региона и, следовательно, является одним из основных факторов, формирующих его температурный режим. Именно поэтому изучение облаков в Центральноафриканском регионе является столь актуальным.

В данной диссертации ставится цель проанализировать условия формирования конвективных облаков в Центральной Африке.

В нашем дипломном исследовании были решены следующие задачи:

1. Исследование температурного режима, режима осадков в Пуэнт-Нуар, Конго и Абиджан, Кот-де-Вуар.
2. Анализ процессов во внутритропической зоне конвергенции
3. Изучение факторов смены сезонов региона и современных термодинамических критериев конвективной неустойчивости атмосферы.

4. Анализ особенностей годового цикла конвективной облачности в устье р. Конго и на юге Кот-де-Вуар.

Объем выпускной квалификационной работы составляет 75 страницы, включая введение, 3 главы, заключение и список литературы. Прежде всего, во введении сформулирована актуальность проведенной работы, определены задачи и цель диссертационного исследования. В первой главе представлен материал о конвективных облаках, типах конвективных облаков в Центральной Африке, способах их формирования и условиях, благоприятствующих образованию конвективных облаков (кучевых и кучево-дождевых). Как развиваются эти облака, каковы их жизненные стадии и характеристики. Вторая глава посвящена пониманию межтропической зоны конвергенции (ITCZ); анализу облаков, которые в ней формируются, и движению ITCZ в зависимости от сезонов года. Наконец, в третьей главе приводится информация об условиях и термодинамических критериях неустойчивости атмосферы; исследование изменения значения CAPE (энергии атмосферной неустойчивости) в двух различных регионах Африки: устье реки Конго (город Пуэнт-Нуар) и Кот-де-Вуар (город Абиджан). Мы изучили температуру и количество осадков в Койнт Нуар, Конго и Абиджане. В четвертой главе мы переформулируем выводы нашего дипломного исследования.

Три сайта, которые помогут нам получить данные для анализа рабочего исследования:

[-<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>](http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html)

-<http://www.pogodaiklimat.ru/>

-PI5.RU

Глава 1. Конвективные облака в Центральной Африке

1.1 Условия для образования конвективных облаков.

В международном атласе облаков ВМО (1987) облако определяется как гидрометеор, состоящий из взвеси в атмосфере мельчайших частиц жидкой воды или льда, или того и другого, и обычно не касающийся земли. Оно может также включать более крупные частицы жидкой воды или льда, а также неводные жидкие частицы или твердые тела. Неводные жидкие частицы или твердые частицы, такие как промышленные пары, дым или пыль.

Согласно Атласу облаков, существует в общей сложности десять (10) типов облаков, включая конвективные, которые немного отличаются по высоте в зависимости от географического района. Они делятся на четыре категории: высокие облака (6,5 км и более), средние облака (3,2 км - 6,5 км), низкие облака (поверхность - 3,2 км) и вертикально вытянутые облака. Кучевые и кучево-дождевые облака часто имеют вертикальную вытянутую форму, исследование в этой главе будет основано исключительно на этих конвективных облаках, условиях их образования и стадиях жизни, для этого сначала нужно понять явление конвекции, а затем изучить, как развиваются конвективные облака в конвективной зоне. Облака очень важны, поскольку они играют роль в круговороте воды и питают атмосферу энергией. Чтобы понять феномен конвективных облаков, нам необходимо разобраться в конвекции, которая является одним из способов передачи тепла, наряду с теплопроводностью и излучением. Теплообмен происходит между поверхностью и движущейся жидкостью, когда они имеют разные температуры.

Конвекция, как и теплопроводность и излучение, является одним из методов передачи тепла. Теплообмен происходит между поверхностью и движущейся жидкостью, когда они имеют разную температуру. Присутствие воды в атмосфере проявляется в облаках разного размера, формы и цвета,

которые со временем меняются от белых и пушистых в хорошую погоду до темных и угрожающих в штормовую. Облака являются как визуальным свидетельством физических процессов, имеющих фундаментальное значение для функционирования климатической машины (атмосферная турбулентность и конвекция, а также радиация), так и ключевыми игроками в общей циркуляции атмосферы и динамике климата

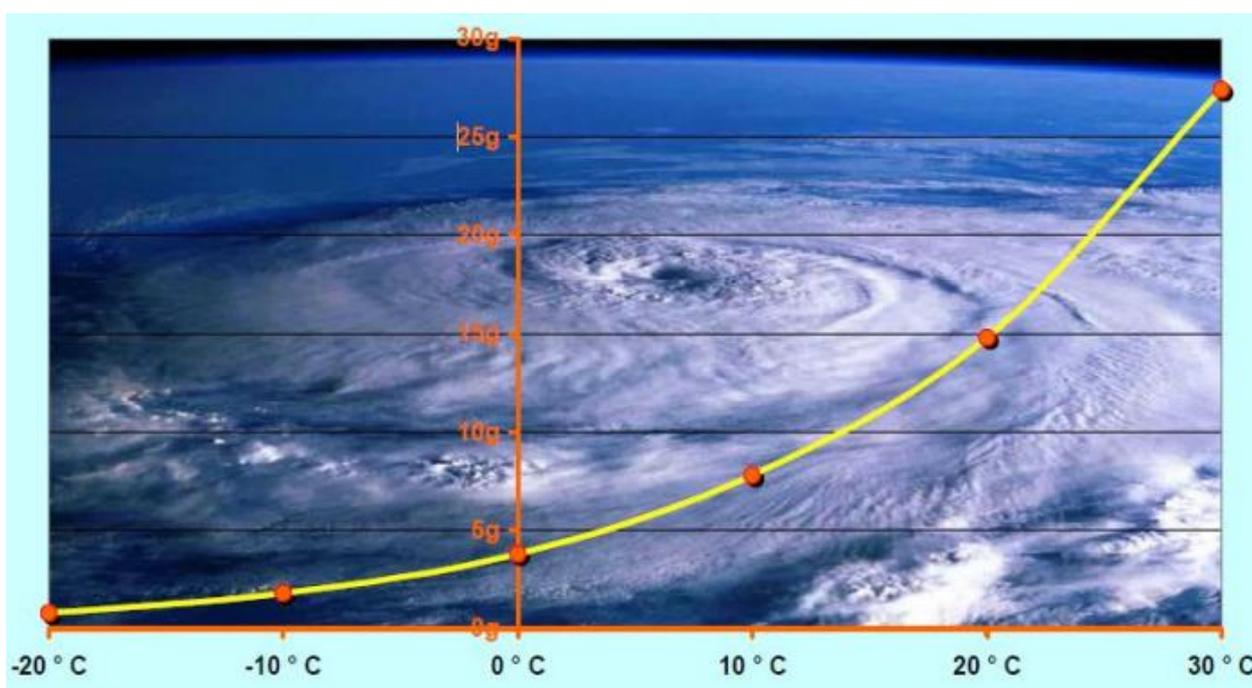
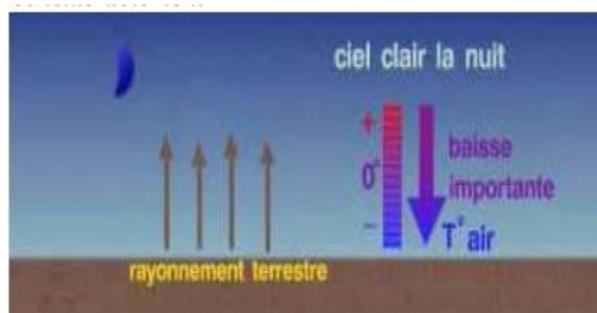


Рис.1.1.1. Количество водяного пара в (г) водяного пара/кг сухого воздуха для получения насыщенного воздуха (100% влажности). [1]

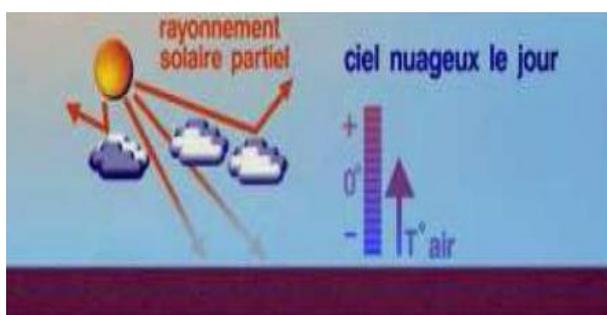
Но как образуются облака? Давайте рассмотрим условия, при которых они образуются днем и ночью, как показано на четырех диаграммах ниже. Прежде всего, днем небо чистое, и излучение Земли компенсируется солнечной радиацией, которая доминирует, поэтому температура повышается. Ночью же Солнце больше не выделяет свою энергию, поэтому излучение Земли уходит в космос, и температура повышается. Радиация уходит в космос, и Земля значительно охлаждается: это и есть ночное облучение.



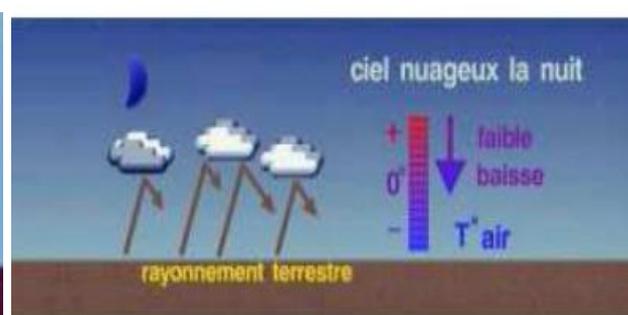
Рис.1.1.2 Ясное небо днем



1.1.2 ясное небо ночью



1.1.2 облачное небо днем



1.1.2 облачное небо ночью

Основным источником энергии для климатической системы является солнечная радиация, поглощаемая в основном поверхностью Земли, а поглотителем энергии - инфракрасное излучение в космос, главным образом через атмосферу: энергетический баланс этой неустойчивой конфигурации, заключающийся в нагревании атмосферы снизу и охлаждении ее сверху, обеспечивается переносом энергии от поверхности Земли в атмосферу за счет турбулентных и конвективных движений (до 10-20 км в зависимости от широты). Под действием этих вертикальных движений водяной пар, переносимый в верхних слоях атмосферы, охлаждается, образуя капли жидкой воды или кристаллы льда, которые скапливаются и образуют облака. По мере образования капли и кристаллы растут за счет коалесценции. Когда они становятся слишком тяжелыми, чтобы оставаться во взвешенном состоянии в

атмосфере, они падают, образуя осадки в виде дождя или снега. Конденсация с последующим выпадением осадков очень эффективно нагревает атмосферу.

Конвективные облака имеют большую разницу температур между основанием и вершиной, что приводит к значительной конвекции, но в них также происходят явления, позволяющие каплям, расти пока они не достигнут критического размера для падения. Когда они поднимаются в атмосферу, температура и давление воздушного потока уменьшаются, но относительная влажность воздуха увеличивается. При достаточном охлаждении относительная влажность превышает 100 %. Часть водяного пара, содержащегося в частицах воздуха, оседает на аэрозолях и образует мельчайшие водяные капельки, из которых состоит облако. Термическая стабильность определяет характеристики облаков. Когда атмосфера неустойчива, образуются облака с большим вертикальным расширением - кучевые, кучево-дождевые и кучево-дождевые. Так, конвективные облака могут образовываться в теплой, неустойчивой и влажной воздушной массе, в неустойчивой и влажной воздушной массе, перегретой в нижних слоях у земли; в рельефе, когда неустойчивый теплый, влажный и конвективный фронт, вызванный общей циркуляцией воздушных масс, поднимается над углом холодной воздушной массы. Конденсация (жидкая или твердая) водяного пара участвует в образовании облаков, а также дождя, града и гроз.

Конвективные облака (Cb, Cu) развиваются в несколько этапов. Сначала образуются низкие конвективные облака; низкие кучевые облака (Cu) высотой от 200 м до 2 км, которые предвещают хорошую погоду (отсутствие опасных метеорологических явлений). Как правило, кучевые облака свидетельствуют о ясной погоде и часто появляются в яркие солнечные дни. Образование этих облаков связано с тем, что нагретый воздух у поверхности Земли поднимается вверх, этот воздух охлаждается в верхних слоях атмосферы, водяной пар конденсируется и образуются конвективные облака (кучевые). Кучевые облака

характеризуются выпуклыми или коническими скоплениями, которые поднимаются от горизонтального основания.



Рис.1.1.3 Cumulus (Cu) [1]

Кучевые облака можно разделить на четыре (4) основные категории или типа: *Cumulus humilis*, *Cumulus mediocris*, *Cumulus congestus*, *Cumulus breaks(cumulonimbus)*.

Кучевые облака (Cu Hum) относят к облакам хорошей погоды, поскольку они обычно следуют за прохождением дождя, развиваются вертикально, но не дают осадков. фактически, эти конвективные кучевые облака появляются во второй половине дня, после восхода солнца, когда испарение с земли и подъем воды, стекающей с земли, дают о себе знать. Эти облака не ассоциируются с нерегулярными погодными условиями или ливнями. Их присутствие придает небу приятный, обнадеживающий вид для любителей погоды. после захода солнца, когда ночь становится прохладнее, кучевые облака исчезают. Облака

Cumulus humilis часто кажутся парящими в слое тумана, из которого выходят их округлые вершины, расположенные в большинстве случаев на одном и том же уровне. Эти облака широко разбросаны, а иногда расположены близко друг к другу и достаточно плоские, чтобы походить на банки стратокумулюса. Над кучевыми облаками обычно нет турбулентности. В холодное время года (зимой) кучевые облака практически отсутствуют, но они вновь появляются в теплое время года и в сезон дождей. Существуют также кучевые облака, называемые *cumulus mediocris* (Cu-*mediocris*).

Как и *cumulus humilis*, *cumulus mediocris* обусловлен очень слабой локальной конвекцией. Он является синонимом хорошей погоды и украшает небо своими белыми облачными контурами. Есть конвективные кучевые облака, называемые кучевыми облаками (cu.con), которые шире: основание достигает 500 метров, а вершина - 5000-6000 метров.

В отличие от других кучевых облаков, конгестивные кучевые облака опасны тем, что вызывают ливни. Когда оно достигает этой стадии развития в середине дня, то часто превращается в кучевое облако, знаменитое грозное облако, вершина которого достигает 6 000 метров. Когда это облако достигает зрелости, оно может вызывать грозы.

Кучевые облака в зрелом возрасте превращаются в кучево-дождевые облака. кучевые. Конвективные облака часто имеют более низкое основание, чем кучево-дождевые Сb, хотя это значительно варьируется от облака к облаку. Однако вертикальная глубина облаков может значительно варьироваться. Эти облака (Cu) бывают 4 размеров.

Маленькие: кумулус хумилис (Cu hum), также известный как "кумулус хорошей погоды"; средние: кумулус медиокрис (Cu *mediocris*); большие: кучево конгестус (Cu cong), также известный как "башенный кучево " (TCu) и, наконец, очень большие: кучево-дождевых (Cb), также известный как "громовой кучево ".

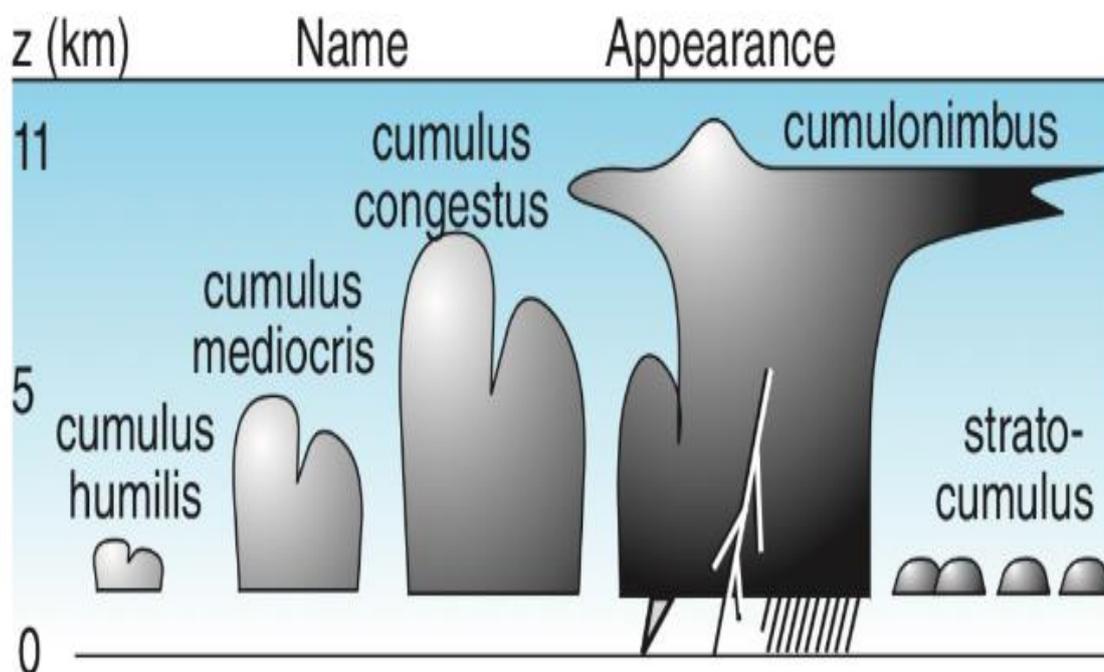


Рис 1.1.4. Кучевые облака и их развитие. [17]

Также конвективные облака могут оказывать непосредственное влияние на динамику атмосферы. Сильные восходящие и нисходящие потоки, возникающие в этих бурных явлениях, могут перемещать большие воздушные массы, создавая сильные локальные контрасты (по температуре, влажности и т. д.). Гравитационные волны могут развиваться на границе раздела двух воздушных масс с разной плотностью, подобно волнам на поверхности океана.

Кучево-дождевые облака ответственны за штормовую погоду, вызывая дождь и ветер, град, гром и молнии; их высота составляет внушительные 0,5-16 км (2000-52 000 футов). Кучевые облака - единственные облака, которые простираются выше трех облачных уровней. Их основания могут находиться очень низко над землей, а вершины достигать верхней границы тропосферы; его вершина может достигать высоты от 8 000 до 18 000 метров. В конце своего развития вершина напоминает наковальню и называется кучево-дождевых

капиллятус, в отличие от кучево кальвус (переходная стадия между кучевые конгестус и кучево-дождевых капиллятус). В зависимости от стадии развития кучево-дождевые облака могут напоминать мощные кучевые облака с сильными перепадами яркости или плотные перистые облака, часто имеющие форму огромных султанов или наковален, с волнистыми или выдающимися частями.



Рис.1.1.5 Кучево-дождевые облака из атласа облаков. [13]



Рис 1.1.6 Облака кучево-дождевых (Cu) Stephen Burt Пинанг, Малайзия
Широта: $5^{\circ} 24' 51''$ N, Долгота: $100^{\circ} 19' 44''$ E

1.2 Особенности тропических конвективных облаков

Конвективные облака возникают там, где атмосферные условия способствуют интенсивной конвекции, например, в экваториальных и субтропических регионах; у него есть некоторые особенности тропических конвективных облаков: Кроме того, тропические конвективные облака характеризуются внушительными размерами, длительным периодом существования, интенсивными осадками и значительными метеорологическими последствиями, особенно в контексте циклонических явлений. Конвективные тропические облака имеют ряд особенностей, включая влияние климата, высоты, размера, продолжительности существования, осадков и погодных явлений.

Конвективные облака играют роль в переносе тепла и влаги, оказывая значительное влияние на местные температуры и режим осадков.

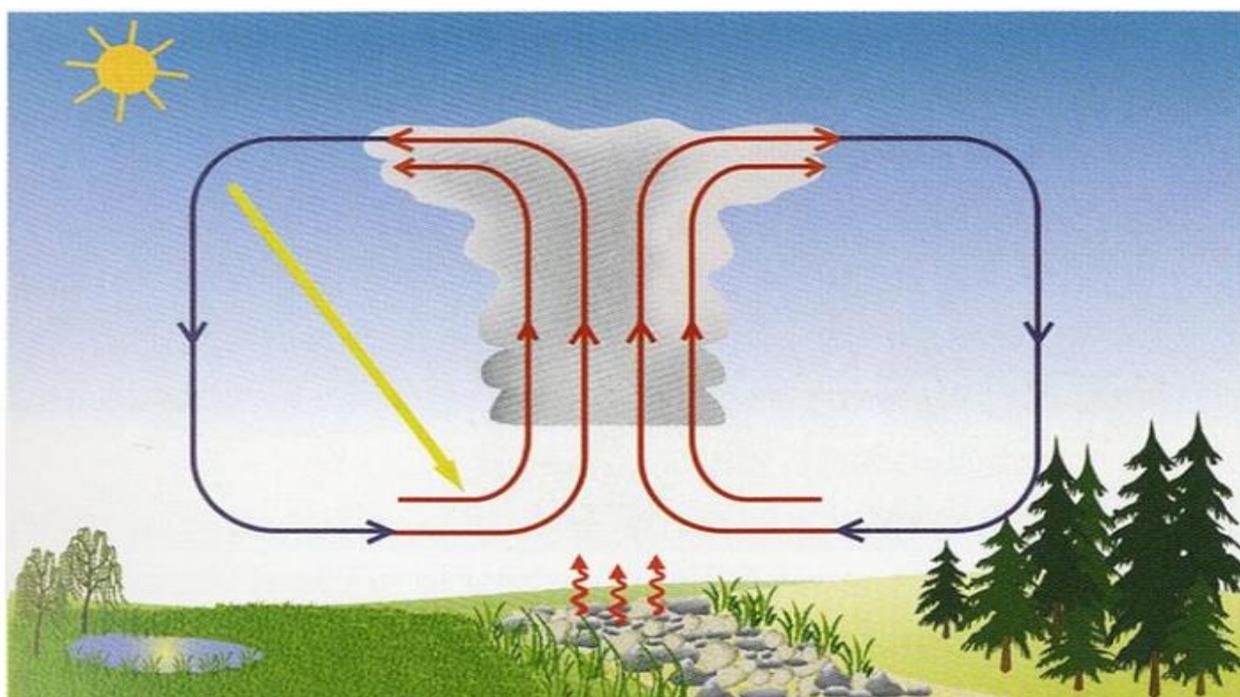


Рис.2.1.1 Облака кучево-дождевые конвективные в течение дня

Высокая холодная облачность не позволяет части инфракрасного излучения, испускаемого Землей, уходить в космос, способствуя парниковому эффекту и глобальному потеплению и наоборот, облака отражают солнечные лучи обратно в космос, охлаждая климат. Процесс конвекции происходит внутри облаков и связан с турбулентностью.

В тропической конвекции водяной пар накапливается при пассатах, а основное медленное выделение тепла за счет конденсации этого пара происходит в экваториальной глубокой конвекции. Для характеристик высоты конвективных облаков (C_b , C_u), Тропические конвективные облака простираются на большие высоты, иногда до тропопаузы (верхней границы тропосферы). Тропические кучево-дождевые облака могут достигать высоты 15-20 километров. Африку в центре пересекает экватор, поэтому климат здесь максимально теплый и влажный. между экватором и тропиками климат тропический, а на больших высотах - более умеренный. В Центральной Африке высота конвективных облаков может зависеть от географического положения отдельных стран. Например, для Конго-Браззавиля, одного из центральноафриканских государств, расположенных вдоль экватора, характерно большое количество конвективных облаков, сопровождающих сильные осадки и грозы; высота этих облаков также зависит от местных погодных условий, времени года и географических особенностей региона. в периоды неустойчивой погоды теплые и влажные воздушные массы, преобладающие в некоторых регионах Центральной Африки, могут способствовать развитию высоких конвективных облаков. ; например, горные районы, окружающие Великие озера Центральной Африки, такие как озера Танганьика и Киву, также могут способствовать образованию конвективных облаков благодаря своей высоте и особым географическим условиям.

Сезонные колебания в Центральной Африке Сезон дождей в Африке очень интенсивный, и в течение всего года наблюдается несколько опасных метеорологических явлений и гроз. например, в Пуэнт-Нуар сезон дождей

характеризуется обильными осадками и частыми грозами. В этот период конвективные облака могут достигать значительной высоты из-за сильной атмосферной конвекции в сочетании с высокой температурой и влажностью. Высота конвективных облаков в центральной Африке может зависеть от высоты местности. В горных районах конвективные облака могут подниматься на большую высоту благодаря орографическому эффекту, который способствует образованию осадков, а также гроз. Тропические конвективные облака могут сохраняться в течение длительного времени, иногда несколько часов или даже дней, благодаря непрерывному потоку теплого влажного воздуха, который их питает. В центральноафриканских странах сильная конвекция вызывает проливные дожди, которые приводят к наводнениям и гибели людей; это также отражается на экосистеме - гибнут многие животные; есть и положительный эффект, поскольку это благоприятствует сельскому хозяйству. наличие проливных дождей в сезон дождей позволяет развиваться сельскохозяйственным культурам.

Метеорологические явления, вызываемые конвективными облаками, очень бурные и наносят огромный ущерб на многих уровнях. Они могут быть источником таких экстремальных метеорологических явлений, как тропические циклоны, тропические штормы, тайфуны и ураганы. Эти погодные системы могут генерировать сильные ветры, штормовые нагоны и проливные дожди, разрушая города и поселки и создавая угрозу для жизни людей, эти метеорологические явления представляют опасность и для авиации: самолеты не могут взлететь при наличии кучево-дождевых облаков (Cb), которые сопровождаются грозами. Тропические конвективные облака также характеризуются глубокой конвекцией и приземной конвекцией.

Глубокая конвекция развивается вертикально во всей тропосфере и очень полезна для экосистемы, поскольку распределяет воду в виде осадков. Тонкие конвективные облака режима пассатов конденсируют воду, но их основная роль заключается в переносе влаги вверх, в инверсионный слой

пассатов, для компенсации высыхающих осадков. В климатическом контексте к этому следует добавить влияние глубокой конвекции, которая важна для вертикального переноса энергии в тропосфере. При всей важности этого явления следует отметить, что конвективная облачность (конвективные облака, сопровождающиеся опасными метеорологическими явлениями) также опасна, так как может вызвать затопление зданий, сильные ветры, молнии, торнадо и так далее. Это приводит не только к материальному ущербу, например, к разрушению домов, но и к гибели людей и разрушению дорог. Осадки из кучево-дождевых облаков выпадают в результате столкновения и слияния облачных капель с образованием дождевых капель.



Рис.1.2.2. 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[3]

Тропические облака, как правило, глубже своих среднеширотных собратьев, поскольку тропопауза в тропиках расположена на несколько километров выше. Сохранение высокой испаряемости у поверхности обусловлено нисходящим перемешиванием сухого теплого воздуха из свободной тропосферы. Обычно скорость восходящей глубокой конвекции над

океаном составляет всего несколько мс⁻¹, что несколько меньше типичной скорости восходящей глубокой конвекции над сушей в средних широтах, где скорость восходящей конвекции может достигать 15 мс⁻¹ и более (см. Lucasetal. 1994).



Рис.1.2.3. Кучево-дождевые облака в глубокой конвекции

Приземной конвекцией - это конвекция, развивающаяся в нижней части тропосферы; она состоит из конвективных ячеек, кучево-дождевых облаков типа Сонгентус (Cu cong) и облачных гряд. В реальности ее трудно определить, так как атмосферные условия часто меняются: при небольшом притоке холодного воздуха и падении поступающего холодного воздуха образующаяся ячейка имеет открытую форму, тогда как при небольшой разнице температур между поверхностью моря и тропосферой формируется закрытая конвекция. Конвекция является основным фактором формирования низких облаков над океанами, как закрытых, так и открытых.

Конвективные ячейки могут быть закрытыми или открытыми. Форма конвективной ячейки зависит от интенсивности притока холодного воздуха. Закрытые ячейки часто встречаются над полярными морями, на краю среднеширотных циклонических вихрей. Они образуются над экватором на западном побережье Африки и южном побережье Южной Америки, а также над Аравийским морем в Индийском океане, в то время как открытые ячейки можно наблюдать со спутника.

Открытые конвективные ячейки образуются через 12-18 часов после прохождения фронта, в результате сильного нагрева воздуха и притока влаги снизу. Вначале преобладают кучевые облака, но затем, по мере распространения ниже инверсионного слоя, они превращаются в стратифицированные кучевые облака. Этот процесс может продолжаться несколько дней.

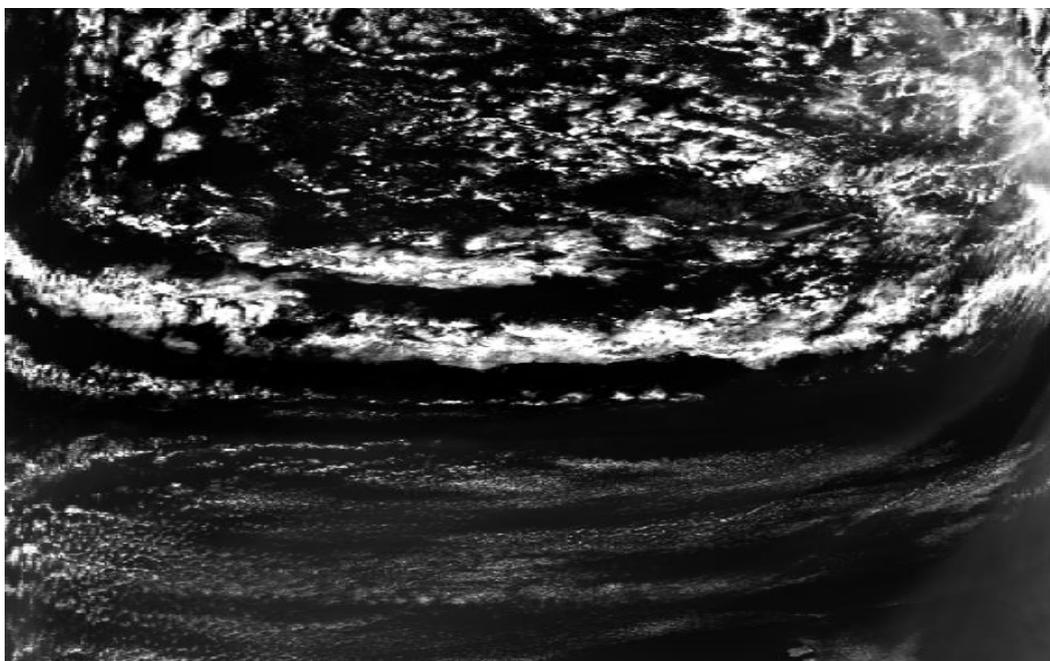


Рис.1.2.4. облака с открытыми ячейками

Конвективные облака мезо-масштаба - результат ячеистой конвекции - часто можно наблюдать в нижних слоях атмосферы. Ячеистая конвекция

обычно наблюдается над поверхностью воды и занимает большие площади. Само их существование указывает на то, что нижняя атмосфера неустойчиво стратифицирована. Горизонтальные размеры этих систем варьируются от нескольких километров до нескольких десятков километров. Анализ оптических космических снимков показывает, что в нижних слоях атмосферы часто наблюдаются мезомасштабные конвективные облачные образования, возникающие в результате ячеистой конвекции. Ячеистая конвекция обычно наблюдается над водной поверхностью и занимает большие площади. Само их существование указывает на то, что нижняя атмосфера неустойчиво стратифицирована. Ячейки могут иметь различную форму, в зависимости от термодинамических условий их образования и скорости ветра. При слабом ветре ячейки имеют форму почти правильных многоугольников. При умеренном или сильном ветре симметрия ячеек нарушается. Открытые и закрытые ячейки имеют примерно одинаковый размер, в большинстве случаев их диаметр составляет от 10 до 60 км, а в некоторых случаях - до 100 км. Наиболее часто встречаются ячейки размером от 20 до 50 км. Так закрытые ячейки группируются вместе и напоминают многочисленные вихри в слое, из них состоят кучевые облака, расположенные слоями и послойно, как показано на рисунке ниже.

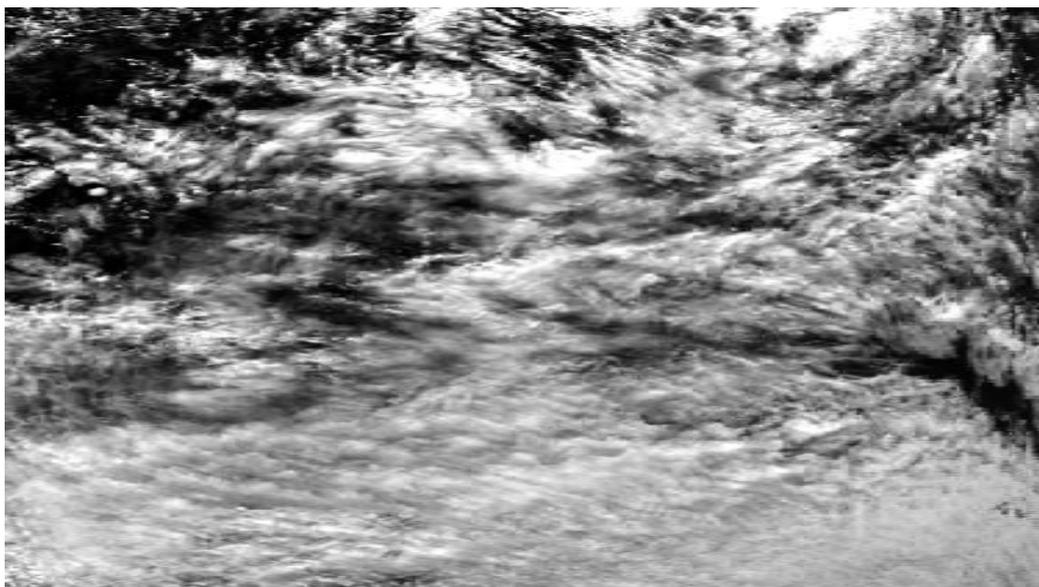


Рис.1.2.5. Снимке: облака закрытые ячейки

В постепенно охлаждающихся воздушных массах формируются замкнутые конвективные ячейки, характеризующие области адвекции теплых воздушных масс или области крупномасштабных восходящих потоков. Образование ячеек, связанных с кучевыми полями в слоях над морем, которые формируются над холодными частями океана, преимущественно к западу от континентов. В данном случае источником энергии для вертикального перемешивания является радиационное охлаждение вершук облаков. Слоисто-кучевые облака обычно довольно устойчивы и могут держаться от нескольких дней до недели. При таких условиях формируются преимущественно закрытые конвективные ячейки. Конденсация происходит при выделении скрытого тепла и преобразовании вертикальных потоков. Когда охлаждение поднимающегося воздуха сопровождается конденсацией, оно становится более интенсивным, а когда не сопровождается, то конденсация незначительна.

Уличные облака, например, наблюдаются при теплых океанах и иногда превращаются в открытые ячейки. Также установлено, что закрытые облачные ячейки возникают преимущественно в стратифицированных кучевых облаках

над холодной водной поверхностью. Открытые конвективные ячейки характерны для кучевых облаков. Неглубокая конвекция очень важна в больших масштабах, поскольку она способствует перемешиванию, что приводит к вертикальному переносу тепла и влаги в облачном слое и переносу сухого воздуха через внутри облачную ложбину в подоблачном слое. Неглубокая конвекция уравнивает эффекты осушения и нагревания в больших областях оседания.

Глава 2. Внутренняя тропическая зона конвергенции

2.1 Условия формирования внутритропической зоны конвергенции

Внутритропическая зона конвергенции (ITCZ) формируется в тропических регионах, где встречаются и сходятся северные и южные пассаты: При низком давлении; ИТКЗ формируется удобнее всего в областях низкого атмосферного давления, благоприятствующих сближению воздушных масс. Когда атмосфера находится в неустойчивом состоянии; это происходит потому, что поднимающийся горячий влажный воздух создает атмосферную неустойчивость, способствующую образованию конвективных облаков и интенсивных погодных явлений, таких как грозы и тропические циклоны.

Внутритропическая зона конвергенции (ITCZ), также известная как "метеорологический экватор", образует пояс низкого давления, проходящий с востока на запад вокруг земного шара. Термические градиенты выражены незначительно, что позволяет воздушным массам, насыщенным водяным паром, подниматься вверх. Именно поэтому метеорологический экватор является зоной, где встречаются пассаты (или фронты пассатов) двух полушарий: северо-западного - в северном полушарии и юго-западного - в южном. Когда они пересекают океанов воздушные массы, выносимые пассатами, постепенно насыщаются водяным паром

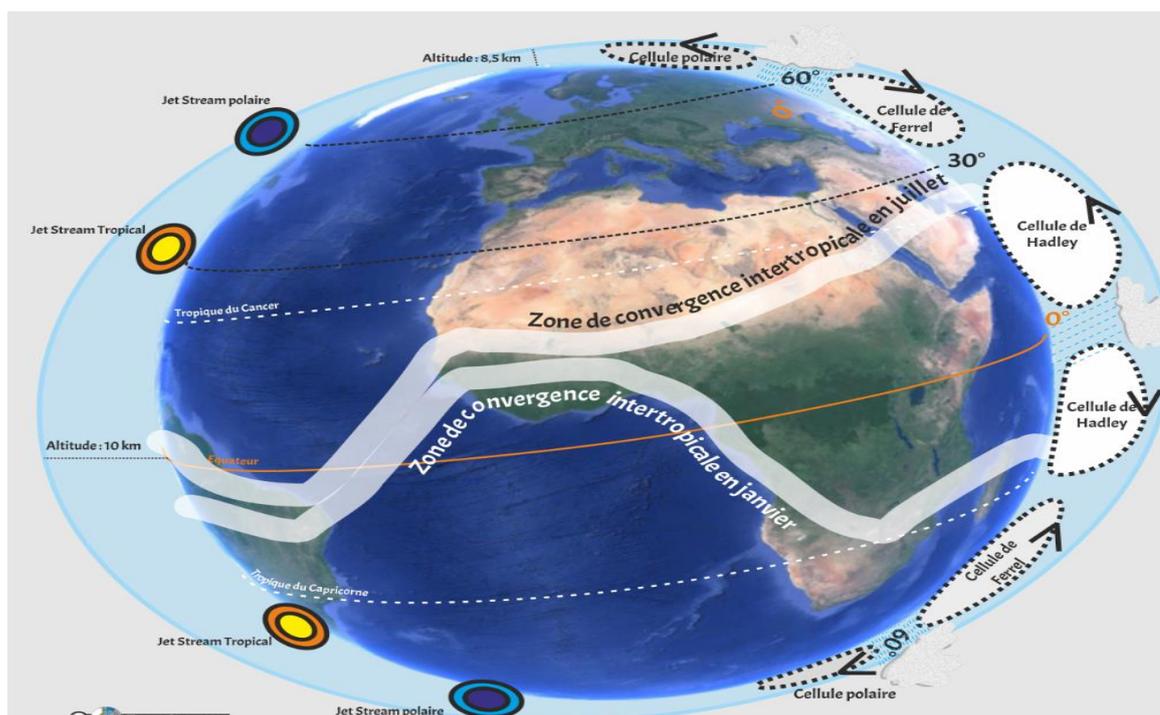


Рис 2.1.1 Движение межтропической зоны конвекции в июле и январе

Межтропическая конвективная зона перемещается в течение года в соответствии с сезонами и характеризуется низким давлением. Она расположена между 30 и 60 градусами северной и южной широты. Падающие солнечные лучи попадают в экваториальную зону; эти лучи падают перпендикулярно поверхности, что уменьшает площадь поверхности зоны, на которую падает луч, и, следовательно, больше нагревает поверхность и атмосферу в этой зоне. В высоких широтах, с другой стороны, ретонда Земли (то, что она круглая) означает, что падающие солнечные лучи попадают на большую площадь поверхности при том же количестве энергии: тепло более равномерно распределяется от экватора к полюсам, поэтому там прохладнее.

При вращении Земли ветер, первоначально направленный к полюсу, постепенно отклоняется к востоку по мере приближения к оси вращения Земли; распределение солнечной энергии в глобальном масштабе в атмосфере обеспечивается тремя конвективными ячейками включая ячейки Хэдли, Фареля и полярную. В атмосфере Земля движется примерно с той же

скоростью, что и планета, то есть 1674 км/ч на экваторе. Чем ближе к полюсам, тем меньше скорость, потому что траектория движения Земли при вращении становится короче.

В случае более быстрого вращения Земли граница ячеек Хэдли находилась бы на более низкой или более высокой широте, соответственно между 30 градусами северной и 30 градусами южной широты, создавая субтропическую зону высокого давления. То же самое относится и к температурному контрасту между экватором и полюсами. Чем больше контраст, тем выше широта границы ячейки и тем интенсивнее струи. В зависимости от сочетания скорости вращения и температурного контраста соответствующие влияния противодействуют друг другу в большей или меньшей степени. Это объясняет необходимость использования моделей для определения чистого влияния на широту, на которой фактически заканчиваются ячейки Хэдли.

Ячейки Хэдли ежегодно перемещаются на север и юг в каждом полушарии в зависимости от положения солнца по отношению к Земле. В декабре-январе-феврале ячейка Хэдли - самая большая в северном полушарии. ИТЦЗ перемещается на юг. В Сахеле начинается сухой сезон, в пустыне Калахари идут дожди, а осадки, связанные с полярным фронтом, вызывают влажный сезон к северу от Сахары. В июне-июле-августе южное полушарие получает большую часть солнечного тепла из-за наклона Земли в северном полушарии. Поэтому именно в южном полушарии наблюдается наибольший дефицит энергии. Именно поэтому южная ячейка Хэдли наиболее интенсивна. ИТЦЗ перемещается на север, принося осадки в сахельские зоны, а осадки в умеренных широтах перемещаются на север.

В ячейках Ферреля воздух сходится на небольшой высоте и поднимается вдоль границы между холодным полярным и теплым субтропическим воздухом, которая обычно проходит между 60 и 70 градусами северной и южной широты. Они расположены между 30 и 60 градусами северной широты

и между 30 и 60 градусами южной широты. Это образует еще одну зону конвергенции, где встречаются два поверхностных воздушных течения. Более теплый воздух менее плотный и поэтому поднимается над более холодным воздухом, создавая области низкого давления. Преобладающие ветры здесь, как правило, западные.

Однако, в отличие от ячеек Хэдли, система Феррелла пассивна: она движется не за счет подъема собственного теплого воздуха, а в результате вращения ячеек Хэдли и полярных ячеек. Когда ячейка Ферреля смещается в одну сторону под действием ячеек Хэдли и полярных ячеек, она вращается в противоположном направлении. Поверхностные ветры в ячейке Ферреля дуют не к экватору, а к полюсам, поэтому эффект Кориолиса отклоняет их в противоположную сторону. Полярные ячейки расположены между 60 градусами северной широты и Северным полюсом и 60 градусами южной широты и Южным полюсом. Холодный воздух, опускающийся к полюсам, вызывает высокое давление в полярных областях. Межтропическая конвергенция — это нагрев солнечной радиации в атмосфере. Поскольку воздух диатермией, нагрев происходит косвенно, при контакте с поверхностным теплом океанов и континентов. Затем теплый воздух расширяется и уменьшается в плотности, поднимаясь в верхние слои атмосферы — это физическое явление известно, как конвекция.



Рис.2.1.3 различные типы ячеек в зоне межтропической конвергенции и различные движения ветра.

Этот поднимающийся воздух создает вакуум или пояс низкого давления вдоль экватора или межтропической зоны, известный как экваториальный минимум. Это понижение давления притягивает окружающие воздушные массы с более низкой температурой, создавая пассаты и, в целом, тропическую систему циркуляции атмосферы, известную как ячейка Хэдли. Ветра являются эффективными переносчиками воды по воздуху либо в виде невидимого пара, либо в виде тумана и облаков. Именно испарение над океанами доводит влажность воздуха до насыщения.

По определению, эти ветры расположены в экваториальной межтропической зоне.

Пассаты: ветры, дующие круглый год в одном направлении в зоне, простирающейся от экватора на 35° с.ш. до 30° ю.ш. Дует с востока на запад, они стабильны по направлению в северном полушарии. Эти ветры дуют чаще в экваториальной межтропической зоне и имеют скорость до 6 м/с. Когда

Солнце находится в зените, вблизи суши или моря, освещение перегретого воздуха в этом регионе влечет за собой пассаты с севера, востока и юга. Эти ветры сходятся, поднимаются в сильном восходящем потоке и создают экваториальное восточное течение. На высоте восходящие потоки снова расходятся в сторону севера или юга, закручиваясь на восток, а затем опускаются к земле на широтах $\pm 30^\circ$, образуя ячейки Хэдли. Зона конвергенции подвержена сильным колебаниям, вызванным временами года, чередованием океанов и континентов, а также чередованием дня и ночи. Эти возмущения приводят к сезонным перемещениям зоны конвергенции на север и на юг, а также к чередованию теплых и холодных фронтов, которые вызывают интенсивные осадки, часто связанные с сильными грозами. В зените Солнце также способствует возникновению восточного ветра. Таким образом, подъем и всасывание воздействуют на все воздушные массы, расположенные вокруг наиболее нагретой области, которая очень велика, поскольку диаметр круга, на который попадает 90 % солнечных лучей, составляет около 5 000 км. Далее эта перегретая область следует за видимым движением Солнца, перемещаясь на запад со скоростью относительно земли около 1600 км/ч (один оборот вокруг экваториального круга, или 40 000 км, за 24 часа). В экваториальном регионе Солнце видно в зените, над густыми местными лесами, которые хорошо поглощают солнечные лучи, затем перегретый воздух осветляется и поднимается в верхние слои тропосферы. зенит дважды в год, но прохождение их относительно близко, и их влияние не разобщено. Тропическая зона заинтересована в прохождении регулярных ветров, либо влажных, как пассаты или муссоны.

Подъем пассатов обязательно сопровождается обильными осадками, например, в Конго-Браззавиле, в городе Пуэнт-нуар, в 2021 году выпадет 1 497 мм осадков, а в Кот-д'Ивуаре, а точнее в Абиджане, в 2023 году количество осадков достигнет 2 500 мм. Это связано с конденсацией воды в воздухе, который становится насыщенным влагой при прохождении над океанами.

Кроме того, эти межтропические регионы особенно хорошо освещаются и прогреваются солнечным светом, здесь высокие температуры, поэтому фотосинтез идет очень активно. Поэтому межтропический регион покрыт пышной растительностью и густыми лесами (экваториальные тропические леса, тропические леса Амазонки или Конголезские тропические леса и так далее), использующими особенности экваториального климата, который обеспечивает обилие воды и высокие температуры круглый год (экваториальные тропические леса, тропические леса Амазонки или Конголезские тропические леса). Кроме ветров экваториальной межтропической зоны, существуют западные ветры.

Муссон: Период муссона характеризуется обилием осадков, что приводит к серьезным последствиям, таким как наводнения и эрозия, но также позволяет вести сельскохозяйственное производство, что способствует производству продуктов питания и играет важную роль в экосистеме и сельском хозяйстве страны. Циркуляция атмосферы муссона и межтропической конвективной зоны следует за движением солнца в течение всего года. В северных и южных тропических районах Атлантического океана они характеризуются антициклоном Елены над Азорскими островами и Ливийским антициклоном над Северной Африкой.

Западный ветер: Преобладающие западные ветры - это ветры средних широт, то есть между 35 и 65 градусами широты, которые дуют в районах на полюсе зоны высокого давления, известной как субтропический хребет на широте. Эти преобладающие ветры дуют с запада на восток, направляя внетропические циклоны в этом общем направлении. С запада на восток ветры возникают под действием силы Кориолиса в узких областях, где существует как большая разница температур между теплым воздухом на юге и холодным на севере, так и большая разница давлений. экваториальное восточное течение, или полярный поток, очень быстрое (скорость от 100 до 300 км/ч) и очень турбулентное, в то время как струйное течение в тропических регионах

медленное (от 50 до 100 км/ч) и более стабильное. Такое различие в скорости между ними и по сравнению с медленным экваториальным восточным ветром объясняется тонким механизмом, связанным с силой Кориолиса. Между ячейкой Хэдли и полярной ячейкой в том же полушарии возникает ячейка Ферреля, где преобладающий ветер на уровне земли направлен в сторону ближайшего полюса.

Полярный восточный ветер: Сила Кориолиса, создаваемая восточными ветрами (пассатами), лежит в основе полярных восточных ветров. Эти ветры относятся к полярной ячейке и дуют в том же направлении, что и северо-восточные и юго-восточные восточные ветры, то есть в направлении, противоположном западному ветру. Полярная зона характеризуется наличием восходящих течений.

На ячейку Ферреля и полярную ячейку сила Кориолиса влияет гораздо сильнее, чем на ячейку Хэдли и ячейку Ферреля. Это приводит к появлению полярных стримеров, которые также ориентированы на восток, и их траектории довольно неустойчивы.

Количество тепла на земном шаре определяет распределение атмосферного давления: низкое давление вблизи экватора, высокое - в тропиках. Разница между этими показателями в сочетании с вращением Земли регулирует движение воздушных масс и характер осадков. С приближением к тропикам количество осадков уменьшается, на экваторе их почти не остается, а по мере удаления от него снова увеличивается. На экваторе температура высокая, но мало изменяется в течение года. По мере приближения к тропикам годовая амплитуда увеличивается. В межтропической зоне суточная амплитуда больше годовой. Климат в этой части Африки экваториальный и тропический:

Особенности экваториального климата во многом зависят от количества осадков и их распределения. Вблизи экватора продолжительность дня и ночи не меняется, что приводит к обильным конвективным дождям. Эта зона характеризуется низким давлением и обильными дождями, выпадающими

дважды в год. В принципе, экваториальная зона определяется постоянной, но переменной влажностью: можно выделить два сезона, часто с очень продолжительными дождями, которые разделяются двумя очень короткими сухими сезонами.

Для тропического климата характерны два ярко выраженных сезона: влажный сезон, когда солнце находится в зените, и сухой сезон, когда солнце достигает максимума в противоположном полушарии. Дожди выпадают часто и концентрируются в течение нескольких месяцев. Их количество колеблется от 5 до 0,5 м, но очень большое количество осадков выпадает в исключительных случаях (Конго-Браззавиль); чаще всего оно составляет 1 500 мм и более. Продолжительность сезона дождей колеблется от 6 до 2 месяцев.

Температура значительно повышается. Среднегодовая температура может достигать 28°. Суточные колебания, а также сезонные колебания гораздо больше, чем в экваториальных регионах.

Полузасушливые климатические зоны занимают большую часть Северной Африки, Африканского Рога и юга Африки и характеризуются малым количеством осадков и высокими температурами. Этот тип климата характерен для пустынь (Сахара) и полузасушливых регионов (Сахель, Африканский Рог). Растительность здесь редкая и состоит из засухоустойчивых растений, таких как акации и суккуленты. Здесь обитают выносливые виды растений и животных, адаптированные к засушливым условиям, и поддерживаются уникальные культурные традиции кочевого скотоводства. В них произрастает редкая растительность, состоящая из засухоустойчивых растений, таких как акации и суккуленты.

Климат горный: Благодаря своему рельефу горы представляют собой особую географическую зону, а значит, и уникальные климатические условия: частые снега, минусовые температуры, морозы и так далее. В последние годы наметилась явная тенденция к изменению этого климата. На горный климат оказывают влияние океан, континент и Средиземное море. Расположение

Савойи в Северных Альпах, простирающихся от переднего края до итальянской границы и недалеко от Монблана, придает ей особые характеристики. Его основные черты - долгая, холодная, снежная зима и прохладное, влажное лето, часто сопровождающееся сильными вечерними грозами. В горном климате атмосфера меняется с высотой. Атмосферное давление падает, и на высоте 3 000 метров возрастает риск удушья. При подъеме на высоту более 100 метров температура снижается. На закате температура в горах быстро остывает. Это не мешает солнцу интенсивно нагреваться с весны и далее. Но его ультрафиолетовые лучи обжигают, в основном из-за отражения от снега. С увеличением высоты над уровнем моря количество осадков увеличивается; более холодный воздух конденсирует содержащийся в нем водяной пар, поэтому выпадает больше дождя или снега. На склонах, обращенных к ветру, выпадает больше осадков, чем на склонах за вершиной той же горы. Снежный покров увеличивается с высотой.

Климат Африки разнообразен в силу ее размеров и географических особенностей.

Межтропическая конвективная зона в центральной Африке характеризуется экваториальным и тропическим климатом, с высокими температурами и влажностью в течение всего года. Большую часть региона покрывают тропические леса, что обеспечивает регулярные дожди и пышную растительность, и Западная Африка в целом характеризуется тропическим климатом с ярко выраженными влажным и сухим сезонами. Сезон дождей обычно длится с мая по октябрь, а сухой сезон - с ноября по апрель, например, в Абиджане. Климат Восточной Африки отличается большим разнообразием, включая тропический, субтропический и засушливый районы. Для таких стран, как Кения и Танзания, характерно сочетание климата саванн, пустынь и гор. В прибрежных районах, как правило, жарко и влажно, в то время как во внутренних регионах температура более умеренная. Пустынная или полупустынная зона, характеризующаяся жаркими, сухими условиями.

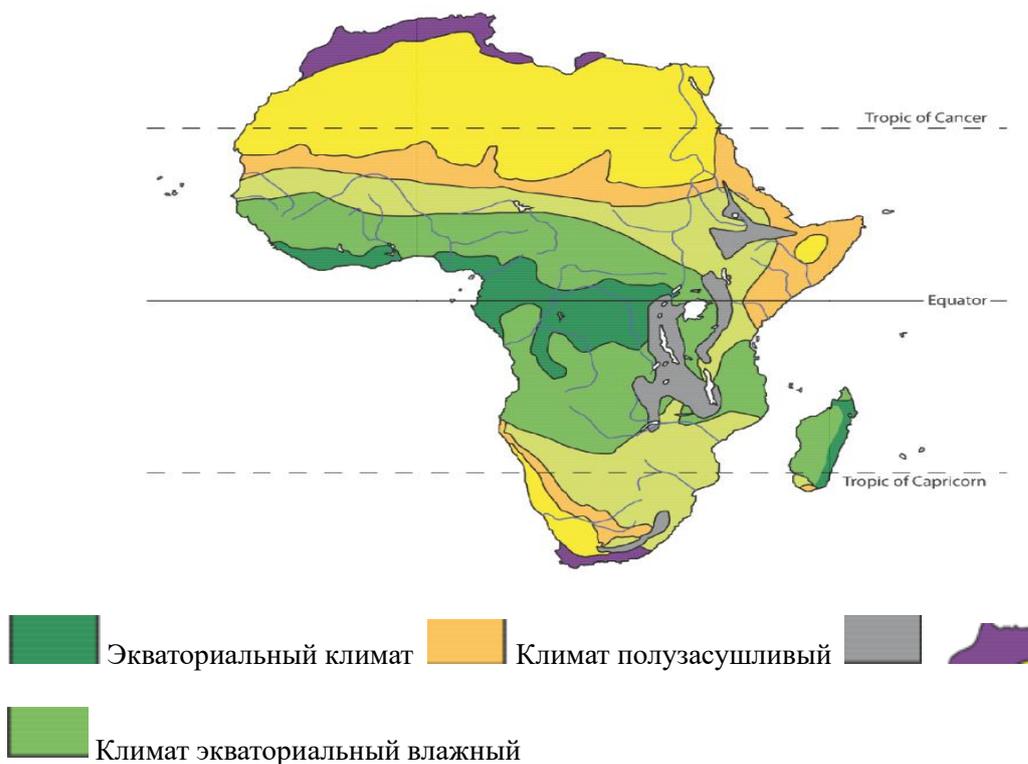
Пустыня Сахара занимает большую часть Северной Африки, что приводит к высоким температурам и минимальному количеству осадков.

Характерной особенностью климата пустыни является то, что здесь редко идут дожди, а на земле много пыли - дождей мало, но растительность все равно успевает вырасти. Дожди в этих регионах сопровождаются грозами. Диапазон температур в этих пустынных регионах очень широк: есть ясное небо и морозные ночи. В основном пустыни расположены в зонах с малым количеством осадков на краю тропиков. Например, пустыня Сахара, Австрийская пустыня и т. д.

В этой зоне межтропической конвекции можно выделить две категории значений: май, июнь, июль, август, сентябрь и октябрь, когда сезонная активность низкая и ниже среднего, совпадающая с весенним и летним сезонами, противоположно остальным месяцам года, которые характеризуются высокой сезонной активностью, выше среднего. Результаты сезонного индекса дают представление о потенциальном влиянии значений сезонных коэффициентов на месячные прогнозы осадков. Преобладающие ветры называются пассатами и дуют с востока на запад. Вблизи полюсов преобладают восточные ветры. Эти ветры важны для земной атмосферы и играют транспортную роль в распространении загрязняющих веществ. Например, если бы не было ветра, загрязненный воздух падал бы недалеко от места, где было произведено загрязнение, тогда как преобладающие ветры играют роль переноса загрязняющих веществ на несколько километров. Эль-Ниньо соответствует фактическому исчезновению пассатов в западной экваториальной части Тихого океана, в то время как Ла-Нинья сопровождается усилением пассатов в том же регионе Тихого океана.

Изучение количества осадков в странах Центральной Африки показывает, что в Конго, а точнее в городе Пуэнт-Нуар, существует 4 сезона: в сезон дождей количество осадков больше, а в сухой сезон они редко заканчиваются. По ту и другую сторону экватора Африка находится в центре

резервуара земной энергии, образованного низкими широтами. Страны Африки, в частности Центральная Африка, характеризуются высокими температурами, которые практически не меняются в течение года.



2.1.4. Расположение климатических зон в Африке

Климатические изменения повлияют на ИТКЗ, особенно на тропическую зону, которая находится под ее влиянием, а положение солнца также влияет на глобальный радиационный баланс и обуславливает 32% глобальных осадков. В ИТКЗ в изобилии присутствует водяной пар, что приводит к глубокой конвекции из-за высокой потенциальной энергии конвекции. Экстра-тропические факторы, такие как отсутствие полярных льдов и колебания температуры в высоких широтах, вызывают перемещение ИТКЗ из более холодного в более теплое полушарие.

2.2. Облака в межтропической конвективной зоне

Существует 3 режима конвекции в этой тропической зоне:

Глубокая конвекция - конвекция, которая происходит, когда кучевые скопления проникают в слой таяния и агломерации
Мелкая конвекция

В межтропической тропической зоне конвекции очень сильны. Это глубокие конвекции, которые достигают тропопаузы и создают кучево-дождевые конвективные облака. Эти кучево-дождевые облака могут иметь толщину в несколько километров, их основание находится близко к поверхности Земли, а вершины часто достигают высоты 10 км и более, вершины кучево-дождевых облаков высокие и холодные, поэтому энергия, излучаемая обратно в космос, меньше, чем в отсутствие облаков. Кроме того, поскольку облака очень плотные, они отражают большую часть солнечной энергии обратно в космос (альбедо облаков также высокое); следовательно, поскольку количество поглощаемого коротковолнового излучения уменьшается, практически не остается избыточного излучения, которое можно было бы уловить.

Глубокие конвективные облака очень важны, поскольку парниковый эффект этих облаков и эффект альбедо практически уравновешены, а общий эффект кучево-дождевых облаков нейтрален, т.е. нет ни потепления, ни похолодания. Высокие облака (глубокие конвективные облака) и тонкие облака в основном пропускают входящую солнечную радиацию; в то же время они улавливают часть исходящего инфракрасного излучения, испускаемого Землей, и отражают его вниз, нагревая поверхность Земли. То, согревает или охлаждает поверхность то или иное облако, зависит от высоты облака, его размера и состава образующих его частиц.

Равновесие между охлаждающим и согревающим действием облаков очень близко, хотя в целом, если усреднить влияние всех облаков на земном

шаре, преобладает охлаждение. Климатическая система Земли постоянно корректируется, чтобы поддерживать баланс солнечной энергии. Это то, что ученые называют "радиационным балансом" Земли. Компоненты земной системы, которые важны для радиационного баланса, это поверхность планеты, атмосфера и облака. Энергия, которая покидает планету и возвращается в космос, называется "радиационным балансом". В самом деле, радиационный баланс Земли равен нулю, потому что количество поглощенной энергии равно количеству вновь излучаемой, а средняя температура постоянна. Кучевые облака, наполненные водой, рассеивают большое количество света и вносят значительный вклад в глобальное альbedo. Тонкие цирковые облака, состоящие из кристаллов льда, напротив, отражают мало видимого света. Возрастание облачного покрова приводит к увеличению альbedo облаков. Если облака образуются над поверхностью с высоким альbedo. Например, над ледяной пустыней, то более низкое альbedo облаков компенсирует высокое альbedo поверхности. Глобальное альbedo будет ниже, а радиационное воздействие увеличится. С другой стороны, на поверхности со средним или низким альbedo планетарное альbedo увеличится, а радиационное воздействие уменьшится. Поскольку Земля в основном покрыта водой и лесами, увеличение облачного покрова приводит к отрицательному радиационному воздействию в коротковолновом диапазоне.

Поверхности океана и тропических лесов имеют низкое альbedo, то есть отражают лишь небольшую часть солнечной энергии. Пустыни, лед и облака, наоборот, имеют высокое альbedo, что означает, что они отражают большую часть солнечной энергии. На земной поверхности около 30 % поступающей солнечной энергии отражается обратно в космос. Облако имеет более высокое альbedo, чем поверхность под ним, поэтому оно отражает больше коротковолнового излучения обратно в космос, чем поверхность в отсутствие облака, в результате чего на нагрев поверхности и атмосферы уходит меньше солнечной энергии. Следовательно, этот "форсинг альbedo облаков", взятый

сам по себе, имеет тенденцию вызывать охлаждение или "негативное влияние" на климат Земли.

Конвекция переносит тепло вертикально от нижних слоев к верхним слоям тропосферы. В отсутствие конвекции температура поверхности и температура нижних слоев атмосферы была бы выше (около 35°C). Облака, в свою очередь, теряют энергию, излучая черные тела с их температурой, т.е. от 10 до 13 мкм в зависимости от высоты; и приобретают энергию, поглощая небольшую часть солнечного излучения (3%), поглощая теллурическое излучение Земли и в процессе конденсации водяного пара.

При поглощении длинноволнового излучения, испускаемого земной поверхностью, облако передает часть энергии в космическое пространство, а часть - обратно на поверхность. Мощность излучения облака напрямую зависит от его температуры, а также от ряда других факторов, таких как толщина облака и состав входящих в него частиц. В верхней части облака обычно холоднее, чем на поверх. Зона межтропической конвекции разделяет пассаты, приходящие из обоих полушарий, и часто плохо обозначена, особенно в экваториальных зонах.

ITCZ отмечена над половиной Западной Африки, эта межтропическая зона отделяет юго-западный муссон, жаркий и влажный, от гарматана, очень сухого и еще более жаркого сахарского ветра. Эту зону также, определяют, как непрерывную линию, идущую вокруг земного шара. обычно она прерывается на континентах, и морской фронт часто трудно соединить с континентальным, который деформируется под влиянием муссонов и рельефа. в Африке эта зона очень редко пересекается с запада на восток.

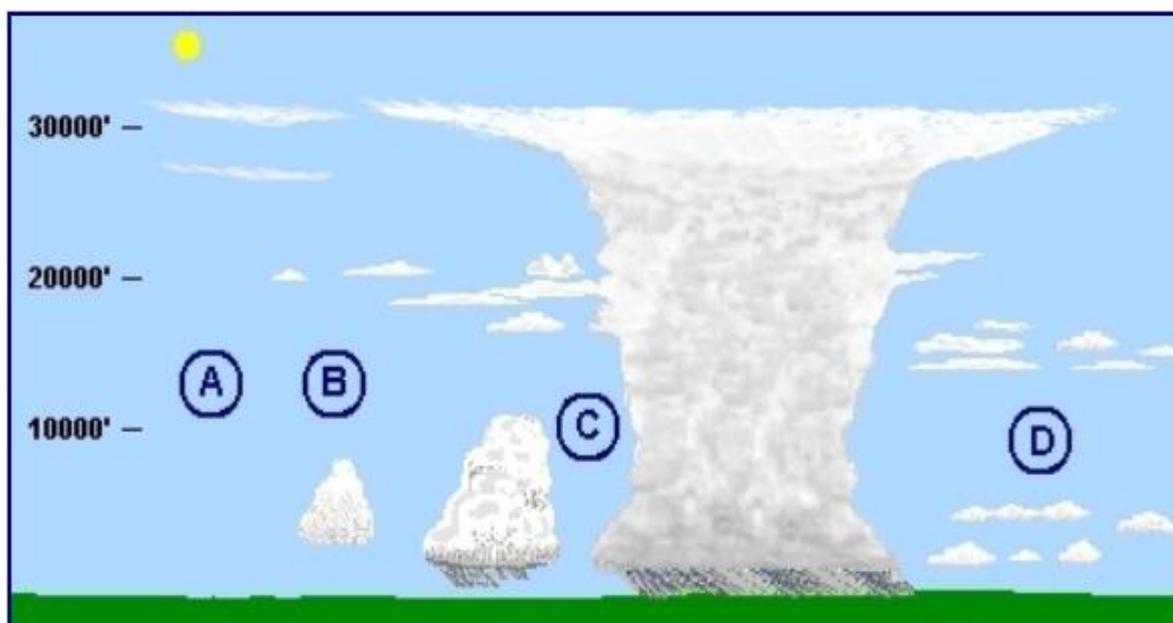


Рис.2.2.1 Облака в межтропической зоне.

Зона А: определяет север межтропического фронта, где небо малооблачно, сопровождаемое образованием Cirrus облаков. Наблюдаются средние и кучевые облака, а в сухой сезон на высоте около 25 000 футов развиваются Cirrus облака.

Зона В: в этой зоне небо не очень облачное с кучевыми облаками с основанием около 2-3000 футов и небольшим вертикальным развитием (2-4000 футов). Здесь нет осадков, за исключением небольших осадков в виде рельефа и редких песчаных ветров. Турбулентность слабее, чем в северной части межтропического фронта, и все же отмечается между 10 и 17 часами.

Зона С: Зона с имеет ширину от 1200 до 1500 км и определяется линиями шквалов, идущих с севера на юг и перемещающихся на запад. В этой зоне наблюдаются сильные грозы и сильные штормовые ветры, а также кучевые облака с минимумами на высоте 2-3000 футов. В сезон дождей конвективные облака перемещаются очень сильно. Кучево-дождевые достигают высоты 30 и 40000 футов и поднимаются до 75000 футов над теплыми морями, а кучевые облака поднимаются от 10 до 16000 футов в сезон дождей.

Зона D: соответствует продолжению южного субтропического антициклона, который может выходить за пределы экватора.

В сухой сезон в этой зоне наблюдаются Cirrus облака на высоте около 30000 футов и альтокумулусные облака на высоте 16000 футов.

На межтропическую зону конвекции также влияют такие метеорологические явления, как Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

Погодное явление Эль-Ниньо - это природный феномен, вызывающий опасные погодные условия с экстремальными последствиями - от разрушительных наводнений до продолжительных засух. Эль-Ниньо также определяется как периодическое потепление поверхности тропической части Тихого океана, которое происходит, когда пассаты ослабевают и теплые воды, обычно приуроченные к западной части Тихого океана, перемещаются на восток от Индонезии в сторону Перу. При этом происходит значительный выброс тепла в атмосферу, что влияет на погодные условия во всем мире. Такое явление случается лишь раз в семь-восемь лет; однако бывают случаи, когда возникает особенно мощный эпизод " супер Эль-Ниньо " случаются. Именно так было в 1972-1973 годах, а также в 1982-1983 годах, когда, предупреждая об экстремальных климатических явлениях и беспрецедентной нагрузке на гуманитарную систему. Например, в Эфиопии нерегулярные дожди в 2014 и 2015 годах имели серьезные последствия для населения. На устойчивое изменение климата в Эфиопии сейчас влияет Эль-Ниньо.

В Африке больше всего пострадали Танзания, Кения и южная часть Африки. Эль-Ниньо может значительно ухудшить такую сложную ситуацию, как: Эль-Ниньо может значительно ухудшить такую сложную ситуацию, как:

Позднее наступление сезона дождей в некоторых регионах, что приведет к задержке посадок, сокращению посевных площадей и ограничению развития сельскохозяйственных культур. В некоторых регионах не только падает производство, но и серьезно подорваны источники дохода, которые позволили бы населению покупать продукты питания. Условия Эль-Ниньо могут

привести к задержке сезона дождей в октябре в странах Центральной и Западной Африки, что ограничит возможности занятости в сельском хозяйстве и еще больше снизит доходы населения. Население юга Африки теперь ждет, как Эль-Ниньо повлияет на следующие дожди, которые обычно идут с октября-ноября по март. Эль-Ниньо традиционно ассоциируется с недостатком осадков в регионе, и текущие прогнозы пессимистичны: с высокой вероятностью. Изменение климата усиливает нестабильность сезонов, нерегулярность осадков и так далее. А в условиях повышения температуры и ухудшения климата гуманитарная система, и без того испытывающая значительные нагрузки, подвергнется испытаниям как никогда ранее.

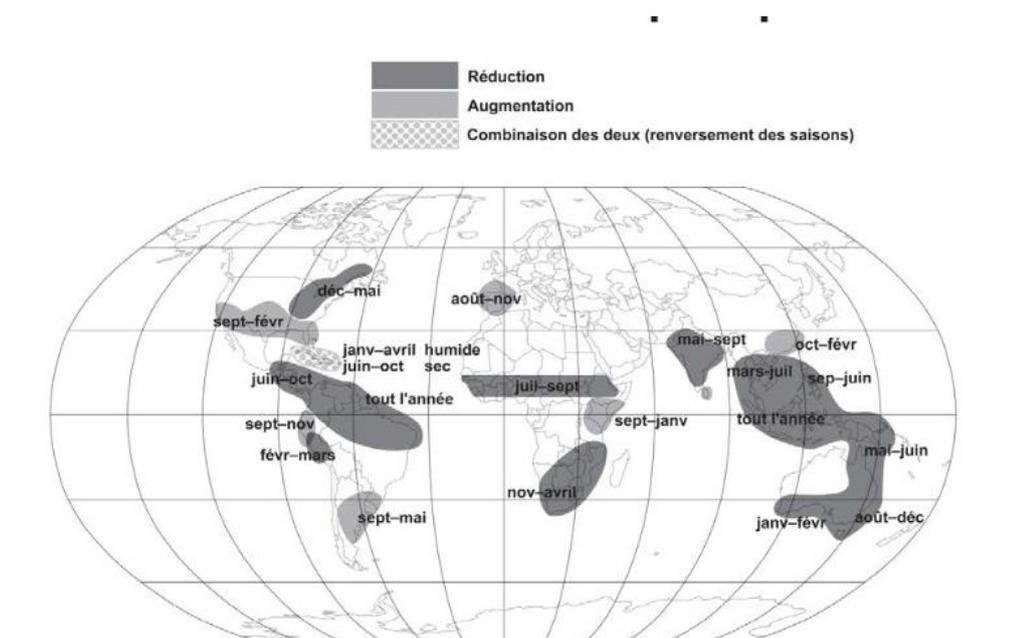


Рис.2.2.2 Влияние Эль-Ниньо на количество осадков. Адаптировано из Met Office, "Схематическая карта типичных эффектов осадков над территорией, благоприятной во время явлений Эль-Ниньо". Эффекты рассчитаны в соответствии с частотой в исторических анализах [10]

■ Снижение Эль-Ниньо ■ Увеличение Эль-Ниньо ■ переломные сезоны

Цикл Эль-Ниньо связан с повышенным риском некоторых заболеваний, переносимых комарами, и туберкулеза, которые распространены во многих африканских странах. Переносимые комарами заболевания, такие как малярия, присутствуют во многих странах.

Передача этого заболевания (малярии) особенно чувствительна к погодным условиям. В пустынях комаров нет, но обычно сухие районы, на которые обрушиваются обильные осадки (Эль-Ниньо), также подвержены их воздействию.

Цикл Ла-Нинья рассматривается как нарост Эль-Ниньо, не равный ему. Явление Ла-Нинья - атмосферное явление, характеризующееся более холодной, чем обычно, температурой поверхности моря в экваториальной части Тихого океана. Таким образом, Ла-Нинья часто ассоциируется с определенными погодными условиями в разных частях мира. Из-за явления Ла-Нинья повышается уровень моря в западной части Тихого океана, что увеличивает ущерб от штормовых нагонов.

В результате увеличивается ущерб от штормовых нагонов. Новые исследования, похоже, указывают на то, что установится новая норма, более соответствующая условиям Ла-Нинья, но с более частыми и чрезвычайно теплыми эпизодами Эль-Ниньо. Так, например, в Конго-Браззавиле явление "Нинья" может повлиять на климат и погодные условия. В целом Ла-Нинья ассоциируется с более обильными, чем обычно, осадками в некоторых регионах и влияет на сезонные колебания, что может привести к наводнениям или экстремальным погодным условиям. Это относится к департаментам Плато и Кювет, где паводковые воды продолжают отступать, но по мере отступления воды необходимо оценить ущерб, провести дезинфекцию и восстановление школ, медицинских центров, санитарных объектов и пунктов водоснабжения, вызванных наводнением.

Конвективные облака, формирующиеся в ITCZ, часто становятся причиной нестабильных погодных условий. В случае с

центральноафриканскими странами, такими как Конго-Браззавиль, которые расположены очень близко к экватору.

Глава 3. Анализ конвективной облачности в районе экватора

3.1 Термодинамические критерии конвективной неустойчивости в атмосфере

Атмосферная неустойчивость реагирует на вертикальный энергетический дисбаланс в атмосфере и при определенных условиях порождает вертикальные движения, которые приводят к образованию отдельных облачных структур, называемых конвективными ячейками. Это также определяется возникающими конвективными явлениями, которые являются основой для формирования любой грозовой ячейки. Фактически атмосфера устойчива с точки зрения плавучести для сухих частиц, но неустойчива для влажных, то есть насыщенных, частиц, мы говорим об условной неустойчивости. Это наиболее распространенный случай в аэрологических масштабах. Итак, когда атмосфера неустойчива, она отвечает нескольким критериям. Неустойчивость воздуха определяется термодинамическими критериями, которые будут рассмотрены в этой главе; мы также рассмотрим развитие глубокой конвекции, которая необходима для возникновения грозowych ячеек и зависит от основных параметров: условной неустойчивости (положительной плавучести), низкоуровневой влажности.

Механическая система считается неустойчивой, если под действием внешней энергии она стремится отклониться от своего первоначального положения. Это можно объяснить, например, тем, что книга лежит на столе на краю. Применительно к атмосферному воздуху, стабильная частица, перемещенная внешней силой, будет стремиться сохранить свое первоначальное положение, в то время как нестабильная частица, перемещенная той же внешней силой, будет продолжать свое новое движение в сторону от первоначального положения. Помимо абстрактной природы, позже мы увидим, что эта неустойчивость означает с точки зрения конвекции. Для анализа нестабильности атмосферы будем использовать некоторые

критерии: сухоадиабатический градиент (на аэрологической диаграмме - сухую адиабату) и влажноадиабатический градиент (соответственно, влажную адиабату), а также энергию CAPE, которая обуславливает нестабильность атмосферы (CAPE – Convective Available Potential Energy, т.е. доступная конвективная потенциальная энергия или интегральная энергия неустойчивости атмосферы от нижней и до верхней границы облака).

1. Сухая адиабата:

Существуют критерии оценки состояния атмосферы - сухие и влажные адиабатические градиенты. С их помощью определяют термодинамические условия, которые вызывают конвективную неустойчивость. Неустойчивость возникает, когда в атмосфере температура воздуха снижается с высотой быстрее, чем при сухоадиабатическом процессе (около $9,8 \text{ }^\circ\text{C}/\text{км}$). Это означает, что воздух в атмосфере становится холоднее по мере подъема облака, что способствует конвекции. На самом деле, сухой адиабатический градиент действителен для сухого или влажного ненасыщенного воздуха, а влажный адиабатический градиент - для влажного насыщенного воздуха.

Эти два градиента не сильно отличаются друг от друга, и чаще всего реальный воздух приравнивают к сухому. Для объяснения сухого адиабатического процесса мы приведем диаграмму ниже

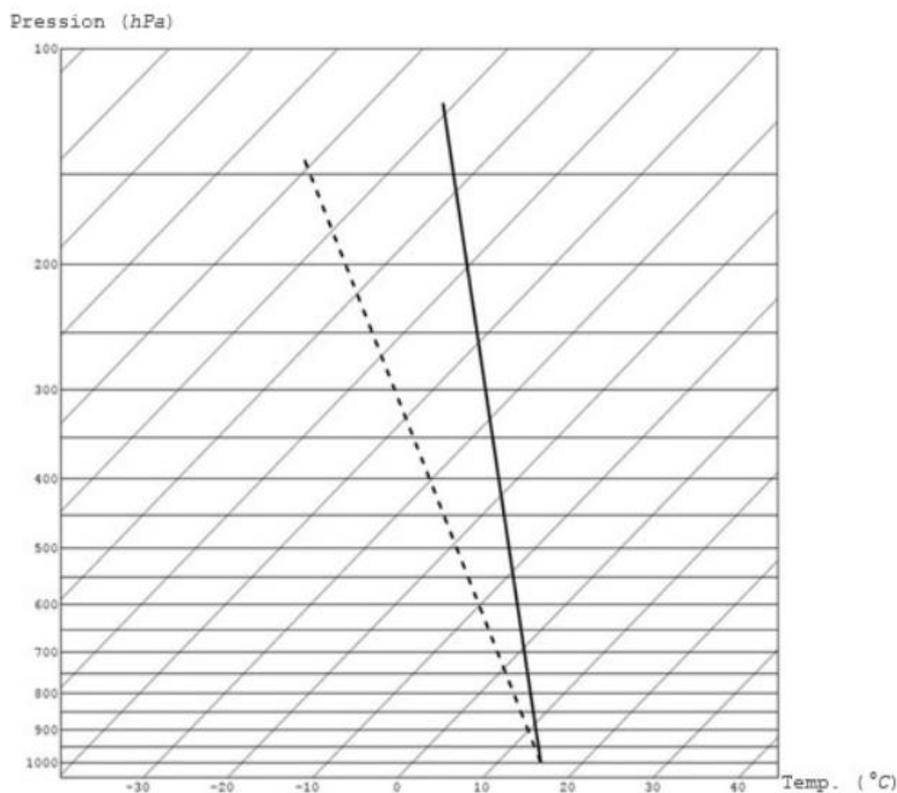


Рис.3.1.1 Сухая адиабата (сухая адиабата или кривая состояния - - -; кривая стратификации _____)

Воздушная частица, которая холоднее окружающей ее среды, плотнее и, следовательно, тяжелее. Такая частица не может подняться под действием отрицательной силы плавучести: здесь речь идет об абсолютной устойчивости. Если бы такая частица находилась на любой высоте над землей, она бы ускорила вниз и потеряла свою высоту.

Если температура поднимающейся сухой частицы, или сухая адиабатическая пунктирная черная кривая, всегда ниже температуры окружающего воздуха, или температуры состояния, то плавучесть отрицательна. При охлаждении влажного воздуха и конденсации водяного пара выделяется скрытое тепло, которое может способствовать конвекции. При наличии влаги в воздухе скрытая энергия конденсации также может способствовать конвективной неустойчивости. Даже если проиллюстрированная сухая конвекция действительно существует, но

ограничивается атмосферным пограничным слоем, используемым, например, хищными птицами, с общей точки зрения, ситуации абсолютной неустойчивости или стабильности в атмосфере не существует. На самом деле, эти предыдущие представления справедливы для частиц сухого воздуха, но атмосферный воздух никогда не бывает сухим. Теперь давайте посмотрим, как присутствие водяного пара изменяет эти условия плавучести. Температурные колебания, вызванные сухими адиабатическими условиями, могут способствовать атмосферной неустойчивости и конвекции, которые являются важными факторами в развитии экстремальных погодных условий.

2. Влажная адиабата

При рассмотрении тропосферы в целом и образовании гроз речь идет не об абсолютной устойчивости или неустойчивости, а об условной неустойчивости, обусловленной вездесущностью определенного количества водяного пара. Как и в случае насыщенной адиабаты, именно изменения состояния атмосферной воды обуславливают конвективные явления.

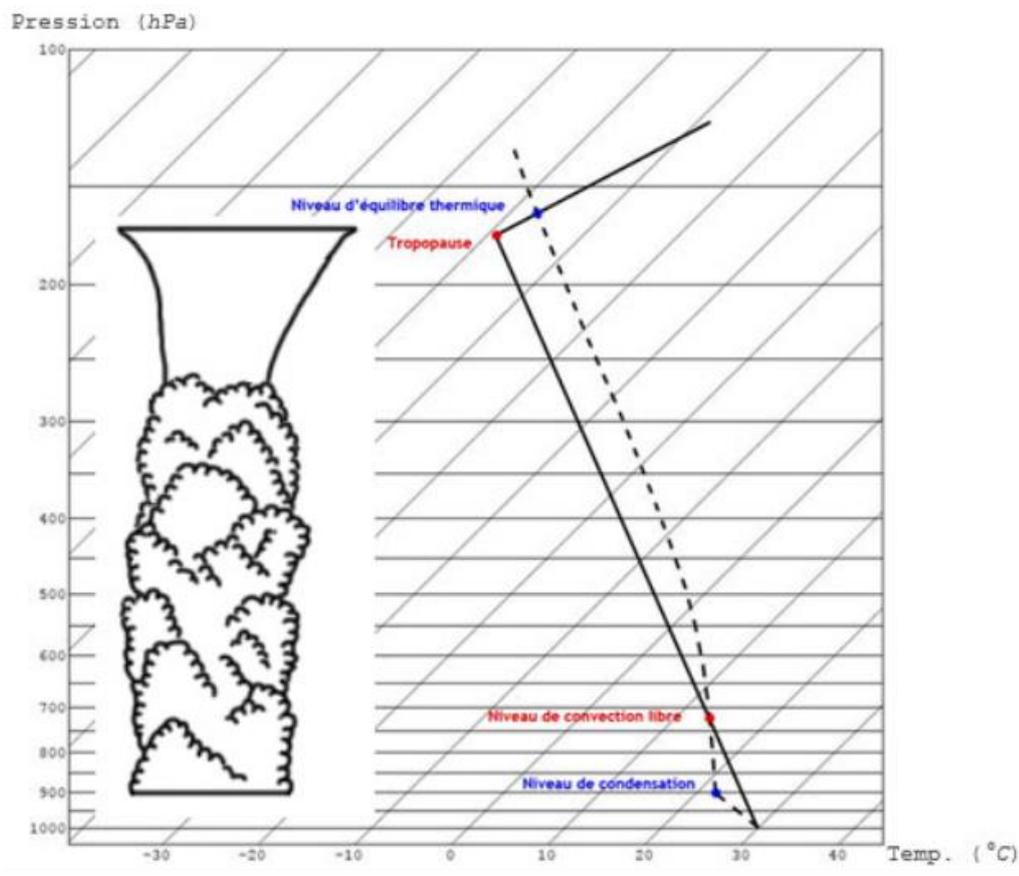


Рис.3.1.2 Влажная и сухая адиабата адиабата (кривая состояния - - -; кривая стратификации _____)

Температура в атмосфере уменьшается с высотой, пока не достигнет уровня тропопаузы - границы между тропосферой и расположенной над ней стратосферой, где она стабилизируется и постепенно повышается. Возьмем частицу влажного, ненасыщенного воздуха в нижних слоях, поднимающуюся под действием внешней силы. Сначала эта частица движется по сухой адиабатической кривой, при этом ее температура уменьшается примерно на 1°C каждые 100 метров. Когда частица поднимается вверх, расширяется и, следовательно, охлаждается, относительная влажность частицы увеличивается, поскольку, как мы увидим позже, чем холоднее воздух, тем меньше водяного пара он может содержать. Воздух вскоре достигает критической температуры (температуры точки росы), при которой он

насыщается влагой, то есть больше не может удерживать водяной пар. Под действием внешней силы воздух продолжает подниматься вверх, он больше не может удерживать воду в газообразном состоянии, поэтому водяной пар конденсируется и образует жидкие капли, материализующиеся на наших глазах в виде облака.

Для понимания процессов формирования облаков, выпадения осадков и метеорологических явлений, связанных с атмосферной влажностью, важен насыщенный адиабат. Колебания температуры, вызванные насыщенным адиабатам.

Могут влиять на стабильность атмосферы, формирование облаков и осадков, а также на развитие крупномасштабных погодных систем. При этом кривые для насыщенного адиабатического преобразования без теплообмена с окружающей средой и с постоянной массой и псевдоадиабатического преобразования без теплообмена с окружающей средой, но не с постоянной массой, можно считать идеально наложенными почти до 300 гПа, т.е. почти до тропопаузы. На пересечении с этой кривой состояния температура поднимающейся частицы становится равной температуре окружающего воздуха, затем превышает ее, и мы попадаем в неустойчивую среду. С этого момента частица воздуха становится теплее, чем остальная атмосфера, и продолжает свое восхождение самостоятельно и автономно, пока влажная адиабатическая кривая снова не пересечется с кривой состояния в тропопаузе. На этом новом пересечении мы возвращаемся в зону стабильности, и восхождение частицы воздуха останавливается перед непроходимым потолком, материализующим тропопаузу.

Если атмосфера устойчива с точки зрения плавучести для сухих частиц, но неустойчива для влажных, то есть насыщенных, частиц, мы говорим об условной неустойчивости. Уровнем свободной конвекции часто называют LFC (Level of Free Convection). Уровень свободной конденсации - это высота, на которой часть воздуха станет насыщенной, если она будет вынуждена

подниматься вверх без теплообмена с окружающей средой. Если LCL низкий, это указывает на высокую вероятность конвективной неустойчивости.

Он находится на первом пересечении псевдоадиабатической кривой и кривой состояния и соответствует уровню, на котором конвекция является самоподдерживающейся без необходимости действия каких-либо сил, кроме собственной плавучести. С этого уровня облако эволюционирует автономно в плоскости своего вертикального подъема. Когда атмосферный профиль благоприятен, кривая состояния остается ниже насыщенной адиабатической кривой до тропопаузы, а конвективные движения охватывают всю тропосферу: конвекция считается глубокой, появляются кучево-дождевые облака - первый параметр для возникновения гроз. Движущаяся частица вскоре достигает уровня теплового равновесия, который часто называют уровнем нейтральной плавучести. Он находится на последнем пересечении насыщенной адиабатической кривой и кривой состояния, что соответствует потолку, который облако не может пересечь, поскольку обладает отрицательной плавучестью. На этом уровне вершины кучевых облаков разрастаются, приобретая характерную форму наковальни.

Если нестабильность достаточна и влажность частиц позволяет, облако продолжает расти, достигает толщины 3-4 км и становится *cumulus mediocris*. При глубокой конвекции облако развивается дальше, расширяясь по вертикали, пока его толщина не достигнет 6 км и не превысит стадию *cumulus congestus*. При дальнейшем подъеме вершина облака вскоре достигает высоты, на которой происходит оледенение, то есть его вершина состоит в основном из кристаллов льда, и тогда оно становится кучево-дождевым толщина которого в наших широтах достигает 7-12 км.



Рис.3.1.3 Скопления мощно-кучевых облаков (*Cumulus congestus*) из деревни Фрауэнберг направляются на восток в 17:18 по местному времени

Как показано на этом снимке, сделанном из деревни Фрауэнберг по направлению на восток в 17:18 по местному времени, конвекция началась поздним вечером в субботу 30 апреля 2011 года. В результате воздействия хорошо организованных сил нижние слои достигают уровня свободной конвекции, и конвективные облака растут, пока не образуют очень большое скопление кучевых облаков.

CAPE (энергия неустойчивости атмосферы): CAPE является важным параметром для определения неустойчивости атмосферы и прогнозирования возможного развития таких метеорологических явлений, как грозы и интенсивные осадки. Расчет CAPE зависит от разницы температур между поднимающимся потоком воздуха и окружающей средой, а также от влажности, присутствующей в атмосфере. Если CAPE выше, то атмосфера более неустойчива и тем больше вероятность развития конвекции и гроз.

Коэффициент CAPE - это энергия, которая может быть восстановлена при псевдоадиабатическом движении частицы воздуха от уровня плавучести до вершины облака. Это показатель интенсивности глубинной конвекции. Скорости восходящих потоков могут достигать несколько десятков м/с

$$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{T'_p - T'}{T'} dz,$$

Где,

g - ускорение свободного падения;

T'_p , T' - виртуальная температура на уровне p в восходящей частице и в окружающем воздухе, соответственно;

LFC - уровень конденсации;

EL - уровень конвекции.

Ниже приведены метеорологические ситуации, связанные с величиной CAPE.

<0 Дж/кг - стабильное состояние (отсутствие кучевых и кучево-дождевых облаков, сильных осадков, гроз и т.д.)

0-1000 Дж/кг - умеренная неустойчивость (кучевые (Cu), дождливые кучево-дождевых (Cb), небольшие осадки, возможны грозы при достаточной влажности воздуха)

1000-2500 Дж/кг - умеренная неустойчивость (кучевые облака (Cb) с обильными осадками, грозы)

2500-3500 Дж/кг - сильная неустойчивость (грозы, иногда сильные, град, порывы);

≥ 3500 Дж/кг - очень сильная неустойчивость (сильные и очень сильные грозы, торнадо). Не всегда можно прогнозировать сильную конвекцию и грозы, используя только индекс CAPE, но часто необходимо также знать синоптическую ситуацию.

Например, циклоны или антициклоны и некоторые детали. На самом деле, определенные синоптические ситуации влияют на развитие конвекции, а сама конвекция может влиять на синоптическую ситуацию. Из-за сильной жары в центре тропического циклона всегда наблюдается сильнейшая конвекция и, если где-то поблизости возникает еще более сильная конвекция, эта область становится новым центром циклона.

Чем ниже CAPE, тем слабее конвекция и тем менее она опасна. Когда погода хорошая, осадков выпадает мало, но, когда значение CAPE высокое, возникают очень сильные конвекции, а присутствующие конвективные облака сопровождаются грозами, например, значение CAPE 2000-3000. Это опасно для авиации, когда при сильной грозе самолет не может взлететь, а при значении CAPE 3500 и выше возникают сильные конвекции с серьезными последствиями в виде торнадо, эрозии, подвергающей опасности человеческие жизни, и разрушения некоторых городских объектов. Кроме CAPE, важным показателем атмосферной неустойчивости является конвективное торможение (CIN). Конвективное торможение CIN используется для определения возможности выпадения осадков с учетом различных параметров, оцениваемых по результатам зондирования. Масштабный подъем масс воздуха изменяет среду и делает ее более благоприятной для конвекции. Кроме того, подъем вызывает адиабатическое охлаждение частиц воздуха, что приводит к усилению неустойчивости и часто к увеличению высоты облаков.

-50 и 0 Дж/кг CIN соответствуют низкой стабильности атмосферы, но возможна конвекция. Устойчивость атмосферы низкая, но возможна конвекция. при значениях -200 - -50 Дж/кг наблюдается умеренная устойчивость, а при значениях ниже -200 Дж/кг - сильная устойчивость. Для значений ниже -200 Дж/кг наблюдается сильная стабильность, делающая конвекцию невозможной.

В данном исследовании мы проанализировали значение CAPE в двух экваториальных африканских странах и определили, как оно меняется в

течение года. Исследуемыми странами являются: Конго-Браззавиль (станция Пуэнт-Нуар) и Берег Слоновой Кости (станция Абиджан).

Для анализа были получены данные радиозондирования атмосферы за 2021 год. В случае города Пуэнт-Нуар месяцы, для которых не было данных в 2021 году, были использованы для 2020 года.

Географические координаты станции Пуэнт-Нуар (64400) находятся в западной части Центральной Африки на побережье Атлантического океана: 4°46' широты и 11°51' долготы, в устье реки Конго в государстве Конго. в устье реки Конго в государстве Конго. В городе тропическая саванна и экваториальный климат, поэтому он расположен в экваториальной зоне и здесь очень жарко. Таким образом, климат в Республике Конго в основном жаркий и влажный, что обусловлено расположением страны в межтропическом поясе. Страна полностью расположена в межтропическом поясе. Очень низкие высоты способствуют циркуляции воздушных масс, которые также находятся под влиянием антициклонов. Так, из сахарского и южноафриканского антициклонов выходят теплые и сухие воздушные массы. Атлантический воздух трансформируется над Конго в теплый и сухой воздух из Индийского океана. Воздушные массы Атлантики трансформируются над Конго теплым сухим воздухом из Индийского океана, который циркулирует на запад, в то время как антициклон острова Святой Елены направляет теплый воздух на восток и северо-восток, проникая вглубь материка. В Республике Конго также преобладает экваториальный климат, жаркий и влажный круглый год, без сухого сезона на севере страны, субэкваториальный климат, жаркий и влажный с сухим сезоном в центре страны, и тропический климат, жаркий и влажный с сухим сезоном в центре и на юге.



Рисунок 3.1.4 Географическая карта Конго, определяющая географическое положение Пуэнт-Нуар

В таблице 1 ниже мы оценили значение SARF в городе Пуэнт-Нуар для четырех климатических сезонов.

Таблица 3.1. - Значение CAPE в городе Пуэнт-Нуар

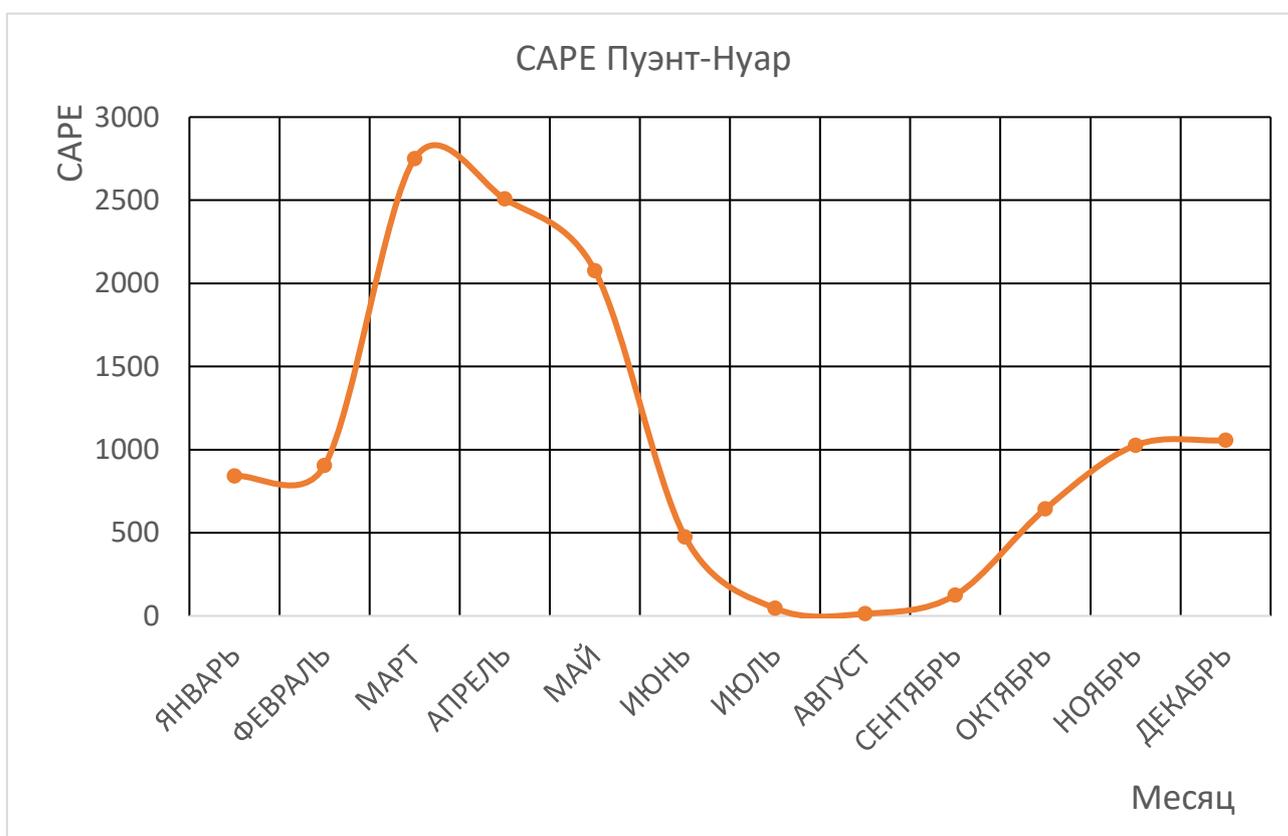
Код Станции	Месяц	Дата/времени	CAPE (Дж/кг)	КОНВЕКЦИИ (вид конвекции)
64400	ЯНВАРЬ	10.01.21/00z	841.89	Слабая конвекция
64400	ФЕВРАЛЬ	10.02.21/00z	904.23	Слабая конвекция
64400	МАРТ	10.03.21/00z	2751.19	Сильная конвекция
64400	АПРЕЛЬ	10.04.21/00z	2507.71	Сильная конвекция
64400	МАЙ	10.05.21/00z	2076.75	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	1056.00	умеренная конвекция

По представленным данным можно определить, что с января по декабрь значение CAPE менялось. Наименьшее значение (минимум) CAPE - 13 в августе, а наибольшее значение (максимум) CAPE - 2751,19 в марте. С января (10.01.21/00z) по февраль (10.02.21/00z) значение CAPE колеблется между 800-1000, поэтому конвекция слабая, учитывая полученные значения; что означает, что атмосфера находится в слегка неустойчивом состоянии. Облака, которые, вероятно, находятся в этом слегка неустойчивом состоянии, - кучевые и, если возможно, кучево-дождевые, но со слабыми метеорологическими явлениями.

В Конго-Браззавиле с января по февраль стоит жаркая погода, это сухой сезон.

С марта по апрель наблюдаются сильные конвекции в значениях (2751.19 и 2507.71) Такие значения означают, что в этот период атмосфера находится в самом неустойчивом состоянии, и в городе могут выпасть обильные осадки и

возможны сильные дожди. Это связано с тем, что в городе Пуэнт-Нуар наступает сезон дождей, и именно в это время погода плохая, идут опасные грозы и каждый день идут дожди, опасные дожди, которые могут нанести вред жилым домам. С июня по сентябрь значения CAPE очень низкие, почти нулевые, в августе количество осадков может быть низким, с июня по сентябрь значения CAPE очень низкие, почти нулевые, в августе осадки могут быть небольшими вблизи солнечной погоды конвекции менее сильные есть конвективные облака без гроз возможно, что есть грозы, пока воздух не насыщен. В городе Пуэнт-нуар наступает большой сухой сезон. С октября по декабрь значение CAPE изменяется от 644 до 1056, что создает умеренную конвекцию. Атмосфера находится в состоянии умеренной неустойчивости. График построен на основе данных, показывающих изменение CAPE в городе Пуэнт-Нуар.



Второй город исследования Абиджан - город в Западной Африке. Эта станция Абиджан 65578 расположена на широте 5.3 и долготе 4.0.

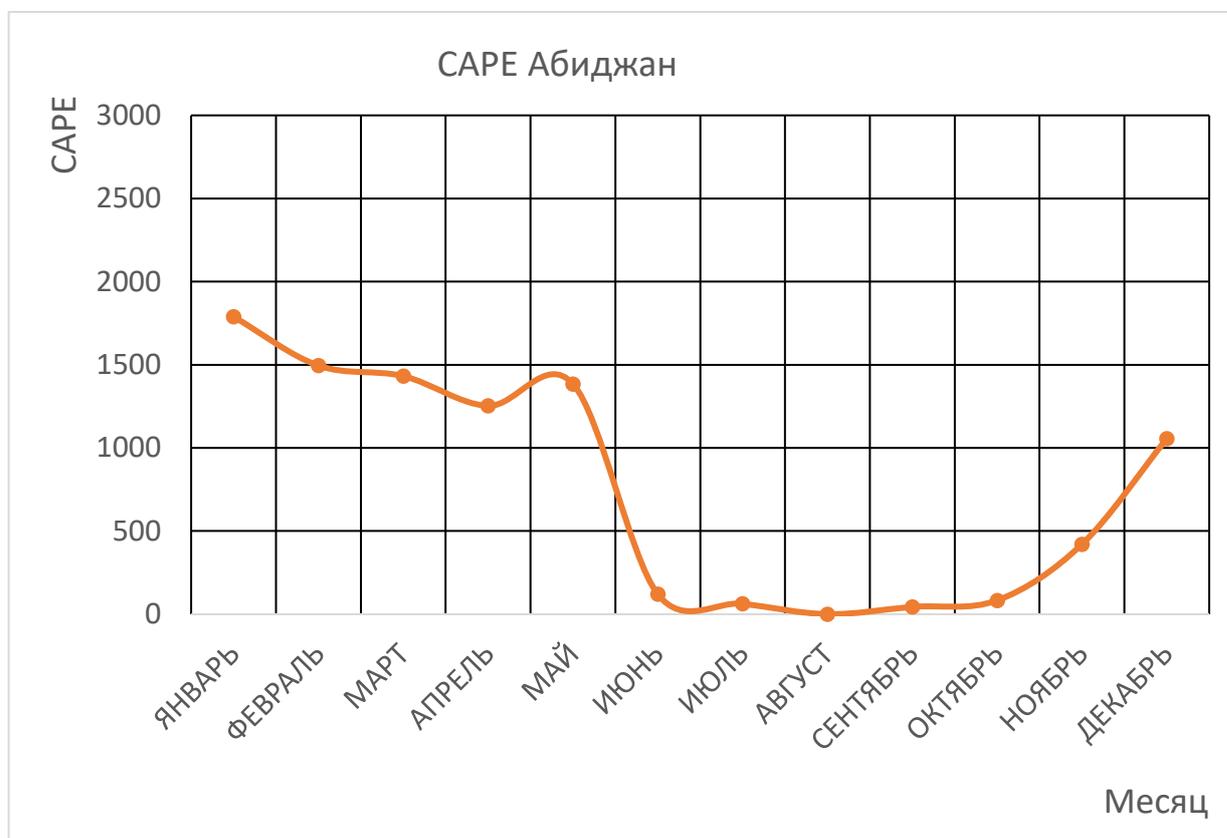
В таблице приведены значения CAPE в городе Абиджан и задействованная конвекция.

Таблица 2: Значения CAPE в г. Абиджан

Код Станции	Месяц	Дата/время	CAPE(Дж/кг)	КОНВЕКЦИИ (вид 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	ОКТАБРЬ	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

Значения CAPE в городе Абиджан варьируются от 0,39 до 1789 Дж/кг с января по декабрь. Наибольшее значение CAPE наблюдается в январе (01.01.21/00z), а наименьшее - в августе (01.08.20/00z). В этот период энергия высока, что приводит к умеренной конвекции в течение всего года. Погодные условия - грозы, облака с осадками и сильный ветер, часто идут дожди. Присутствуют кучевые (Cu) и кучево-дождевые (Cb) облака. Это связано с тем, что это основной сезон дождей в Абиджане длится с декабря по май. С июня по ноябрь значение CAPE составляет от 0.39 до 421 Дж/кг, мы замечаем, что значения CAPE являются слабыми в этот промежуток месяца, он имел только слабую конвекцию и атмосфера находится в своем самом неустойчивом состоянии; конвекции были очень слабыми неблагоприятными для сельского хозяйства это период сильной жары, где она может быть меньше и облака

конвективные присутствуют не увлекают серьезные последствия. это сухой сезон, это сезон высокой температуры.



Значения CAPE, полученные в двух регионах Абиджан и Пуэнт-Нуар, меняются в зависимости от времени года и двух регионов, расположенных точно на экваторе, в сезон дождей в городе Абиджан, а также в городе Пуэнт-Нуар наблюдается высокое значение CAPE, хотя CAPE не является единственным термодинамическим индексом для указания конвекции и прогнозирования гроз, но он используется и отвечает на это. Во время сухого сезона в обоих городах значения CAPE низкие, что позволяет прогнозировать будущую конвекцию и метеорологические явления. Во время сухого сезона в обоих городах значения CAPE низкие, что позволяет прогнозировать будущую конвекцию и метеорологические явления.

3.2 Анализ режима осадков и температурного режима в Пуэнт-Нуар (Конго) и в Адиджане (Кот-де-Вуар)

Чтобы проанализировать режимы осадков и температуры в районе нашего исследования (экваториальная зона) в двух выбранных странах - Конго (Пуэнт-Нуар) и Кот-де-Вуар (Абиджан), - мы сначала определим климат Африки, а затем проанализируем полученные данные о сельскохозяйственной практике.

В центре Африканского континента, пересекает экватор, поэтому здесь очень жарко и круглый год держится высокая температура. Поэтому континент состоит из нескольких различных климатических зон, как показано на диаграмме ниже. Каждая зона влияет на количество осадков и температуру. Зоны в странах, расположенных ближе к экватору, таких как Кот-д'Ивуар и Конго-Браззавиль, имеют почти те же характеристики, но отличаются географическим положением.

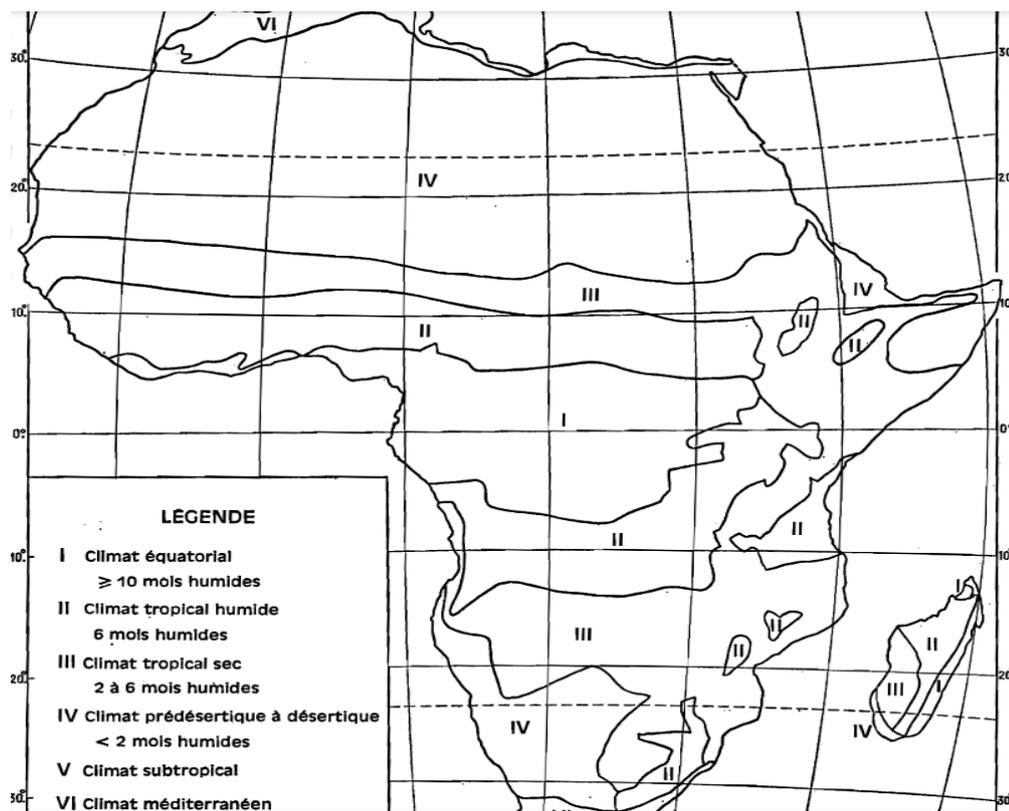
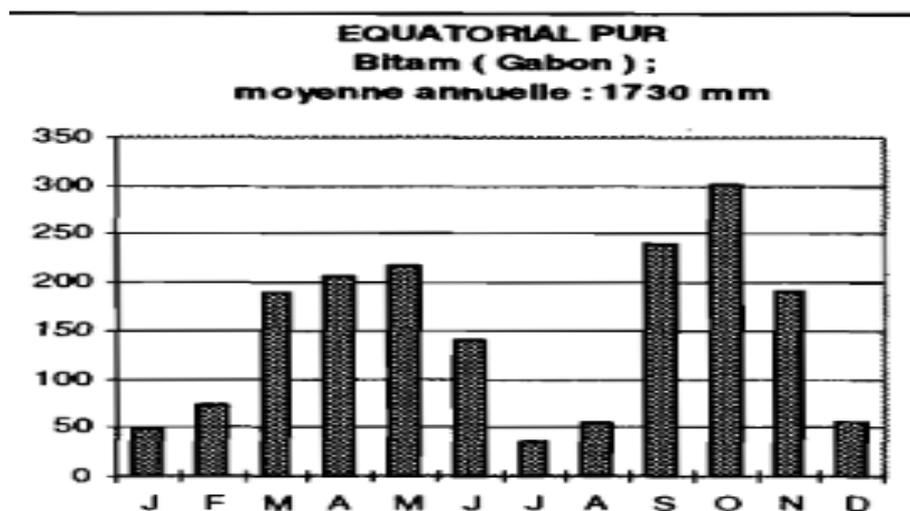
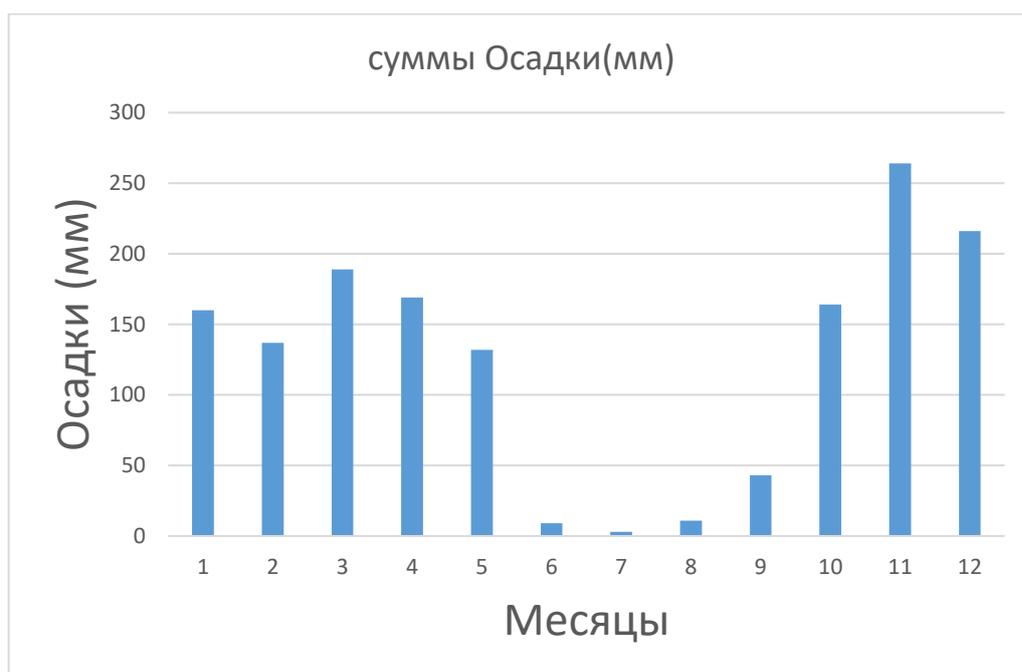


Рис. 3.2.1 Распределение климатических зон в Африке

I. Эта зона относится к экваториальному климатическому поясу. Исследуемая зона определяется как зона обильных осадков и высоких температур. Это климат, в котором обычно наблюдается переход между двумя сухими сезонами, коротким сухим сезоном и длинным сухим сезоном, и двумя дождливыми сезонами (короткий сезон и длинный сезон). Количество осадков в этом климатическом поясе составляет более 1000 мм (Конго-Браззавиль, город Пуэнт-Нуар) и более 900 мм в Того и Габоне.



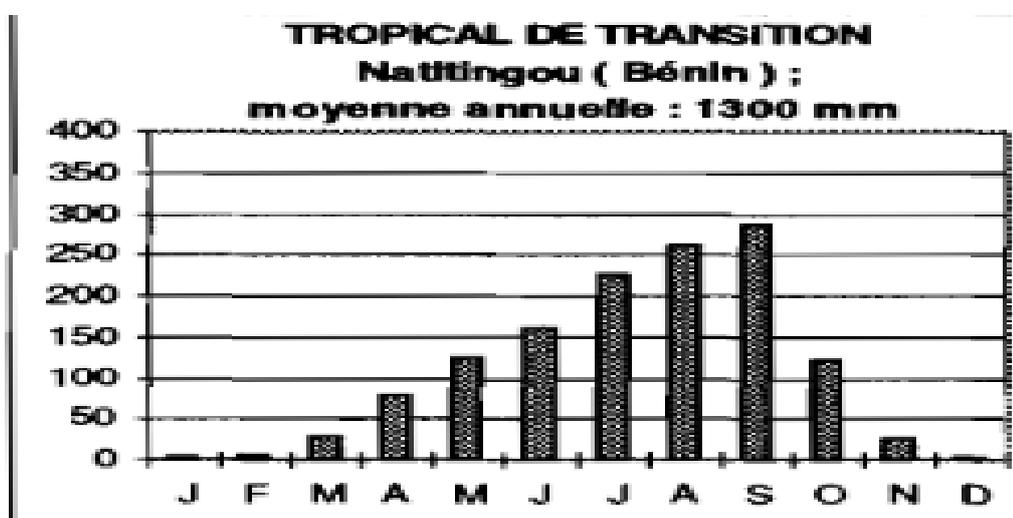
Граф.а Количество осадков в Габоне 1951-1989 гг. Среднегодовое значение составляет 1730 мм.



Граф.б Осадки в Пуэнт-Нойр

Здесь, в экваториальной климатической зоне, годовое количество осадков в Габоне составляет 1730 мм, а в Конго - 1497 мм. Сезоны с наибольшим количеством осадков совпадают с сезонами с наименьшим количеством осадков. Наибольшее количество осадков выпадает в октябре, а наименьшее - в августе.

II влажный тропический В тропической зоне также наблюдаются высокие температуры и очень частые дожди; существует переходный тропический климат и чистый тропический климат. Этот климатический зона охватывает большую часть Африки, включая Нигерию, Кению и Южную Африку. Здесь есть влажный тропический климат и сухой тропический климат. переходный тропический климат определяется одним дождливым сезоном продолжительностью шесть месяцев и сухим сезоном, и, таким образом, постепенным исчезновением короткого летнего сухого сезона переходного экваториального типа. Тропический климат часто ассоциируется с густыми тропическими лесами, такими как дождевые леса Центральной Африки и тропические леса Амазонки в Южной Америке. Температура здесь практически постоянна в течение всего года, с небольшими заметными колебаниями.



Граф. с Количество осадков в Бенине 1951-1989 гг. Среднегодовое количество осадков составляет 1300 мм.

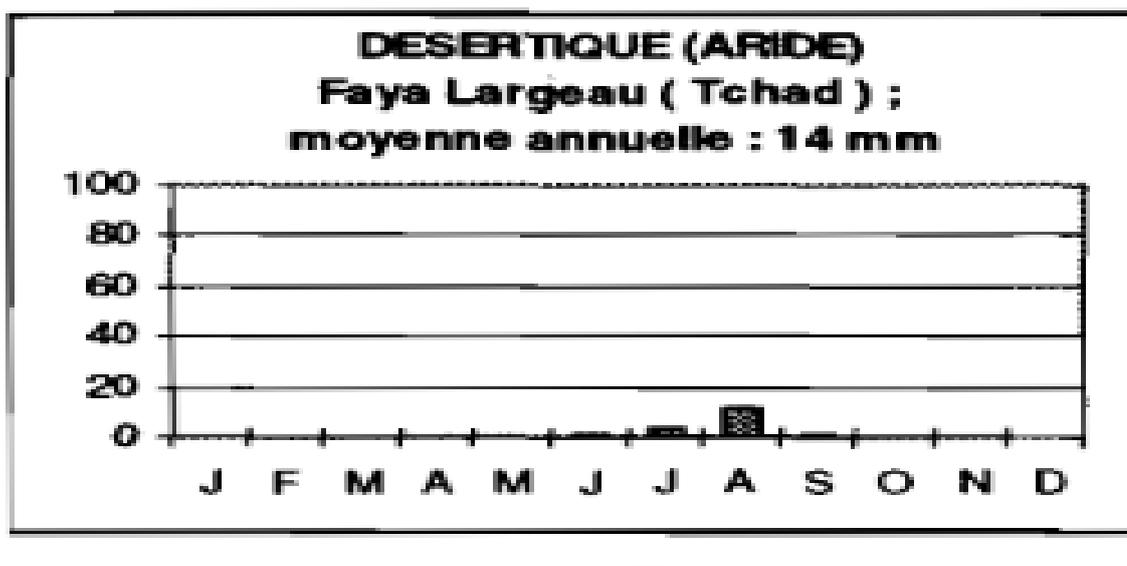
III Сухой тропический климат

Для сухого тропического климата, преобладающего в странах Сахеля, южного Магриба и Калахари, характерны довольно высокие температуры и малое количество осадков. Годовая температура колеблется от 25° до более 40°.

Сухой тропический климат характеризуется высокими температурами, малым количеством осадков и растительностью, приспособленной к засухе. Эти регионы могут быть подвержены длительным засухам. Их часто ассоциируют с полупустынными и пустынными ландшафтами, характеризующимися наличием песка, камней и кустарника, что может создавать проблемы для сельского хозяйства и местного населения, зависящего от водных ресурсов. Сухой тропический климат характеризуется высокими температурами, малым количеством осадков и растительностью, приспособленной к засухе.

IV- Пустынный климат

Пустынный климат характеризуется среднегодовым количеством осадков менее 100 мм, хотя ни один месяц не получает в среднем более 50 мм; Пустынный климат определяется атмосферными возмущениями и встречается в пустынных районах. Животный и растительный мир, а также присутствие человека здесь незначительны. Засуха -это постоянная нехватка воды в регионе. В засушливой или пустынной зоне дожди выпадают очень редко, а то и вовсе отсутствуют, поэтому облака также редки из-за засухи, которая царит в течение всего года. Часто случается, что дождь не идет несколько лет подряд.



Граф д Климат в Чаде пустынный и засушливый; среднегодовое количество осадков составляет 14 мм

V- Субтропический климат.

Субтропический климат обычно распространен между широтами 25° и 35°, как в северном, так и в южном полушарии. Для него характерно жаркое, влажное лето и мягкая или умеренная зима. Этот тип климата распространен в Китае, на севере Вьетнама, на южном побережье Южной Кореи и Японии, а также в Южной Африке. Однако для него характерно жаркое, влажное лето и температура около 25 градусов Цельсия.

VI-

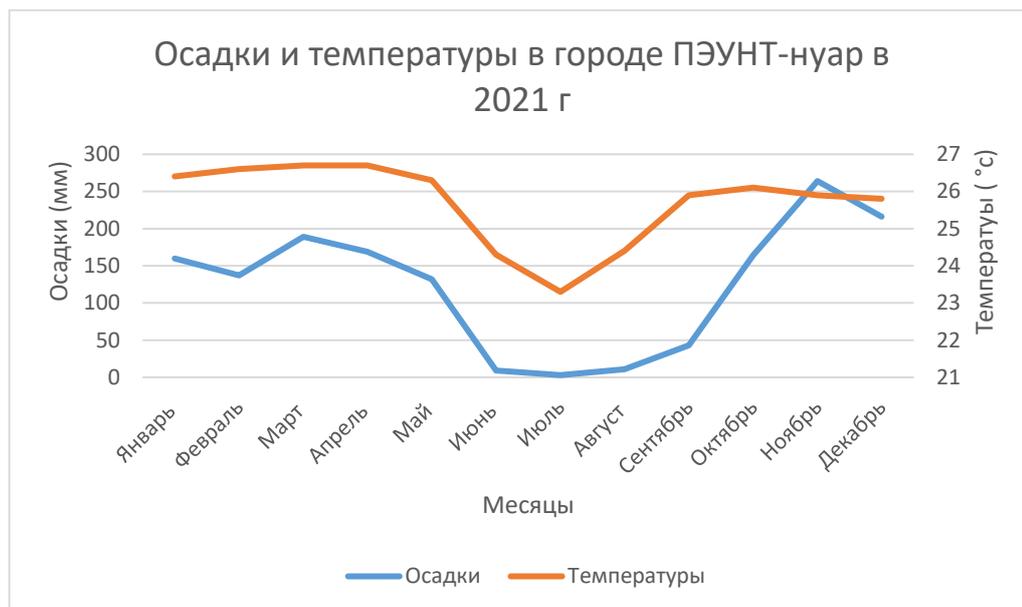
В Средиземноморье климат относится к так называемому умеренному климату. Его основные характеристики обусловлены распространением субтропических антициклонов летом в сторону полюсов (отсюда летняя жара и сухость), которые исчезают осенью и зимой, чтобы обеспечить приток умеренных возмущений из Атлантики в западной части или полярных воздушных течений в северо-восточной части. В результате средние характеристики различных климатических зон Средиземноморья таковы: ритм

четырёх хорошо контрастирующих сезонов; жаркое, сухое лето; выраженная, но мягкая зима (среднемесячная температура никогда не бывает ниже 0°C); весна и осень, которые иногда бывают очень дождливыми, с явным преимуществом осени.

В этой работе мы планируем проанализировать среднемесячные температуры и осадки за 2021 год. Сначала данные для Пуэнт-Нуар: среднемесячные температуры и количество осадков на 2021 год.

Таблица 3: средняя месячная температура и количество осадков 2021г.

месяцы	ПУЭНТ-Н	ПУЭНТ-Н
	суммы Осадки(мм)	температуры (°)
Январь	160	26,4
Февраль	137	26,6
Март	189	26,7
Апрель	169	26,7
Май	132	26,3
Июнь	9	24,3
Июль	3	23,3
Август	11	24,4
Сентябрь	43	25,9
Октябрь	164	26,1
Ноябрь	264	25,9
Декабрь	216	25,8



Граф.3 Средняя месячная температура и количество осадков.

Анализ:

В Пуэнт-Нуаре существует 4 сезона, а именно.

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

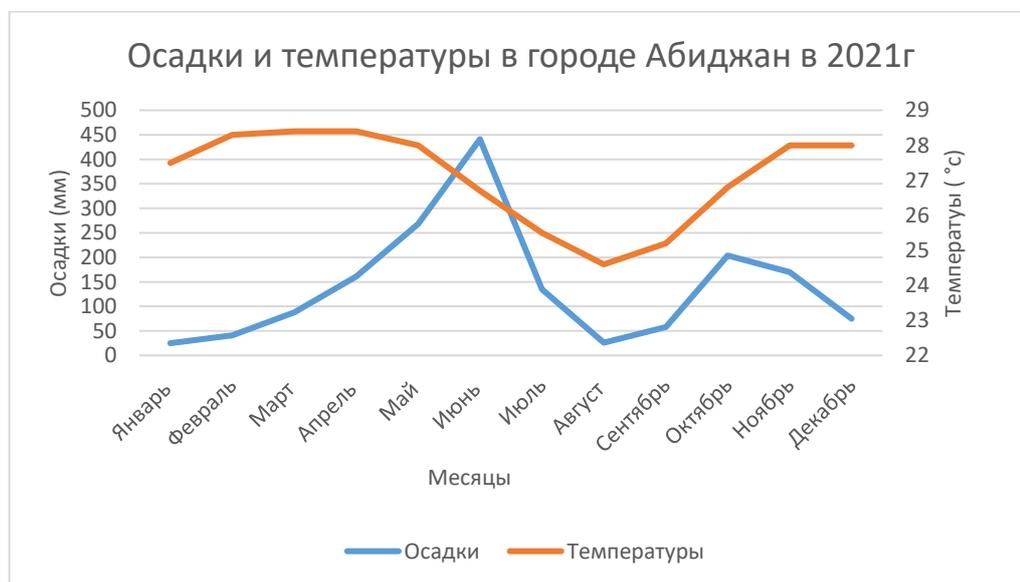
В 2021 году температура в городе Пуэнт-Нуар варьировалась от 23 до 27 градусов Цельсия, максимальная в марте и апреле - 26,7 градусов Цельсия в сезон дождей, минимальная в июле - 23,3 градусов Цельсия в сухой сезон.

Больше всего осадков выпадает в ноябре и декабре (264 м в ноябре и 216 м в декабре). Общее количество осадков за весь год составляет 1497 мм.

Далее данные по Абиджану: среднемесячная температура и количество осадков в 2021 году.

Таблица 3.2: средняя месячная температура и количество осадков 2021 город Абиджан.

месяцы	Суммы Осадки(мм)	температуры (°)
Январь	25	27,5
Февраль	41	28,3
Март	88	28,4
Апрель	161	28,4
Май	268	28
Июнь	441	26,7
Июль	135	25,5
Август	26	24,6
Сентябрь	58	25,2
Октябрь	204	26,8
Ноябрь	170	28
Декабрь	75	28



Граф.3.2 Средняя месячная температура и количество осадков.

Анализ:

В этом климатическом регионе четыре сезона: длинный сезон дождей с мая по июль, короткий сухой сезон с августа по сентябрь, короткий сезон дождей с октября по ноябрь и длинный сухой сезон с декабря по апрель.

В городе Абиджан температура колеблется от 25 до 28 градусов, причем максимальная температура в сухой сезон в марте и апреле составляет 28,4°, а минимальная - в августе 24,6°. Что касается осадков, то больше всего их выпадает в июне - 441 мм, а меньше всего - в январе - 25 мм. Данных о температуре и количестве осадков между Абиджаном и Пуэнт-нуаром.

Таблица 3.3 Сумма осадки в Абиджан и Пуэнт-нуар в 2021г.

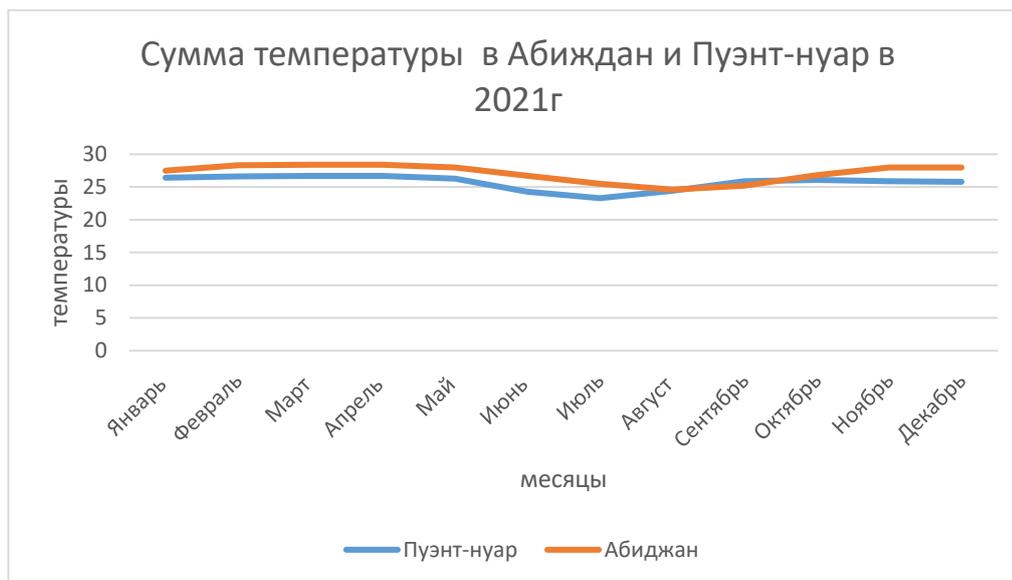
месяцы	суммы Осадки(мм) ПУЭНТ-Н	суммы Осадки(мм) Абиджан
Январь	160	25
Февраль	137	41
Март	189	88
Апрель	169	161
Май	132	268
Июнь	9	441
Июль	3	135
Август	11	26
Сентябрь	43	58
Октябрь	164	204
Ноябрь	264	170
Декабрь	216	75



Граф 3.3 осадки и температура в Абиждан и Пуэнт-нуар.

Таблица 3.4 Сумма температура в Абиждан и Пуэнт-нуар в 2021г.

температуры (°) ПУЭНТ-Н	температуры (°) Абиджан
26,4	27,5
26,6	28,3
26,7	28,4
26,7	28,4
26,3	28
24,3	26,7
23,3	25,5
24,4	24,6
25,9	25,2
26,1	26,8
25,9	28
25,8	28



Граф 3.4 Осадки и температура в Абиджан и Пуэнт-нуар.

Климат в Республике Конго экваториальный. Для него характерно чередование влажных и сухих сезонов. Климат Кот-д'Ивуара можно разделить на четыре категории: экваториальный климат в южной части, горный климат в западной части, тропический климат влажной саванны в центральной части и тропический климат сухой саванны в северной части страны. Температура в Абиджане выше, чем в Пуэнт-Нуаре, потому что Кот-д'Ивуар находится близко к пустыне, а городе Абиджан субэкваториальный, жаркий и влажный климат. В Пойнт-Нуар сухой сезон прохладнее сезона дождей, а в Абиджане сухой сезон теплее сезона дождей. в 2021 году в Абиджане выпало 1692 мм осадков, а в городе Пойнт-нуар - 1497 мм. можно сказать, что в Абиджане осадки более обильны. Кот-д'Ивуар и Пуэнт-Нуар - две страны с экваториальным климатом. Однако в этих двух странах, одна из которых находится в Западной Африке (Кот-д'Ивуар), а другая - в Центральной Африке (Пуэнт-Нуар), выпадает большое количество осадков и температура воздуха, поскольку обе страны расположены близко к экватору, но город Абиджан получает больше осадков, чем Пуэнт-Нуар, поскольку последний находится под влиянием пустыни, что вызывает высокие температуры.

Заключение

В данном дипломе был проанализирован режим формирования климата в Центральной Африке.

В работе учитывался режим формирования климата в экваториальной зоне центральной Африки, а также изучалось влияние перемещения термического экватора на температурный режим и количество осадков в двух африканских странах: Конго-Браззавиль (район исследования Пуэнт-Нуар) и Кот-д'Ивуар (район исследования Абиджан).

Две исследуемые станции расположены в южном и северном полушариях на одинаковом расстоянии от экватора:

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

Характеристики атмосферы и конвективных облаков на выбранных станциях (Пуэнт-Нуар и Абиджан) анализировались с помощью данных атмосферного радиозондирования. Причем для анализа характеристик атмосферы использовались значения CAPE, характеризующие имеющиеся запасы потенциальной энергии атмосферы, а для анализа характеристик конвективных облаков - значения уровня выравнивания температуры, характеризующие условия на верхней границе облаков. CAPE определяет неустойчивость атмосферы: чем выше значение CAPE, тем больше неустойчивость и тем обильнее осадки. В городах Пуэнт-Нуар и Абиджан температурный режим и количество осадков зависят от времени года. Вблизи экватора температура в течение года меняется незначительно, а количество осадков в этом районе центральной Африки очень велико.

По результатам анализа были сделаны следующие окончательные выводы:

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

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

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

2. Для города Абиджан характерны 2 сезона: Сезон дождей в Абиджане длится с мая по октябрь, и Сухой сезон в Абиджане длится с ноября по апрель.

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

3- в межтропической зоне конвекции кучевые облака развиваются в мощные кучевые облака, затем в дождевые кучевые облака, из которых выпадают обильные осадки.

4-В городе Абиджан температура выше, а осадки обильнее, потому что:

Абиджан находится дальше на север, чем Пуэнт-Нуар, а значит, ближе к зоне межтропической конвергенции. Абиджан расположен на побережье Атлантического океана, что может привести к увеличению количества осадков за счет влаги с океана.

5- 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.

Во все эти месяцы атмосфера была неустойчивой, конвективных облаков типа кучево-дождевых было больше, точнее в сезон дождей, их высота была больше, чем в сухой период. Осадки были очень обильными, а температуры также высокими, что определяется географическим положением исследуемых регионов. В августе конвективных облаков не было, только Sc.

Литературы

1. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Atlas_international_des_nuages_1910.pdf
2. Международном атласе облаков ВМО (1987)
3. Облакообразование латентное тепло книга
4. Тропическая метеорология
5. Облака строения и физики образования
6. <https://www.encyclopedie-environnement.org/air/au-pays-des-alizes/>
7. https://meteo45.com/classification_des_vents.html
8. Курс общей метеорологии Атмосферная физика
9. http://lettres.histoire.free.fr/lhg/geo/geo_afrique/cartes_afrique/Afrique_climat.jpg
10. <https://oxfamilibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/578822/mb-E1%20Nino-uncharted-waters-fr.pdf;jsessionid=90932938CF4C21E37A37CBFABDE84557?sequence=5>
11. Особенности термодинамического состояния атмосферы при сильных осадках на территории Пермского края
12. Карта типов климата "в Черной Африке к западу от Конго". Напоминания и распространение на гидрологические режимы
13. <https://cloudatlas.wmo.int/ru/observation-of-clouds-from-aircraft-descriptions-cumulonimbus.html>

14. http://smas57.free.fr/smas_glossaire/smas_glossaire_dossiers/smas_glossaire_dossier_instabilite_convection.html

15. <https://www.akem.org.tr/post/climat-et-causes-du-changement-climatique-en-afrique>

16. <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/meteorologie-le-vent>

17. https://www.eoas.ubc.ca/courses/atsc113/flying/met_concepts/01-met_concepts/01a-clouds/cumuliform.html

18. Climate Central (2015) "1997 vs. 2015 : animation compares El Niño côte à côte"

16. <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/meteorologie-le-vent>

