

Программа дисциплины «Тропическая метеорология»

Автор: проф. Е.К.Семенов

Целью освоения дисциплины является:

формирование у студентов целостного представления о метеорологических процессах в тропическом и экваториальном поясах Земли и их влиянии на атмосферную циркуляцию, погоду и климат умеренных и высоких широт.

задача освоения дисциплины:

изучение физических процессов и географических факторов, формирующих погоду и климат низких широт.

Дисциплина «Тропическая метеорология» входит в профессиональный цикл вариативной части ООП по направлению «Гидрометеорология». Она изучается на 1 курсе во втором семестре.

Изучение дисциплины базируется на предварительном усвоении студентами материала основных метеорологических дисциплин: «Физическая метеорология», «Динамическая метеорология», «Синоптическая метеорология», «Численные методы анализа и прогноза погоды».

В результате освоения дисциплины студент должен:

- *знать* основы строения тропической атмосферы и пространственного распределения в низких широтах давления, температуры, влажности, осадков, ветра и облачности;
- иметь представление о глобальной системе атмосферной циркуляции в тропиках, представленной пассатами, летним и зимним муссонами и внутритропической зоной конвергенции (ВЗК);
- *уметь* ориентироваться в вопросах короткопериодных изменения климата в тропиках и взаимодействия между тропическими океанами и глобальной атмосферой на различных временных и пространственных масштабах;
- иметь представления о специфике синоптического анализа в низких широтах и циркуляционных системах синоптического масштаба (восточные волны, муссонные минимумы и муссонные депрессии, и тропические циклоны).

Среднее годовое распределение осадков, испарения и "осадки минус испарение" в зависимости от широты. Средние зональные ветры у поверхности земли над океанами в январе и июле. Средние меридиональные ветры у земли над океанами. Средняя дивергенция и вертикальные движения в слое «поверхность земли - 900гПа». Средние меридиональные профили давления у земли. Пояса пассатных ветров, полушарная асимметрия циркуляций. Вертикальные разрезы среднего зонального ветра и средняя меридиональная циркуляция для сезонов зимы, весны, лета, осени и года. Вертикальные разрезы средних меридиональных температуры и влажности для зимы, весны, лета, осени и года. Меридиональные переносы средней меридиональной циркуляцией, подвижные и стоячие вихри кинетической энергии, потенциальной энергии, количества движения, явного и скрытого тепла.

Раздел 2. Глобальные поля давления и ветра

Тема 2. Глобальное распределение ветра и давления.

Распределение у поверхности земли, ветры на градиентном уровне, поле движения в верхней тропосфере. Зональные циркуляции в тропиках: вращательный и дивергентный ветер. Интенсивность меридиональной (Гадлеевой) и зональной циркуляций.

Тема 3. Среднее давление.

Среднее давление на уровне моря для января, апреля, июля и октября. Экваториальная ложбина. Сезонный ход высоты солнца и среднего положения экваториальной ложбины. Экваториальная ложбина в январе и июле на различных меридианах. Давление, меридиональная составляющая ветра, дивергенция и устойчивость ветра в экваториальной ложбине. Средняя дивергенция над океанами в июле.

Раздел 3. Радиация

Тема 4. Радиационный режим.

Радиационный баланс системы Земля-атмосфера. Альbedo в тропиках, измеренное со спутников. Уходящее длинноволновое излучение со спутников, поглощенная солнечная радиация, радиационный баланс на верхней границе атмосферы. Сезонный

Раздел 4. Температура

Тема 5. Поле средней температуры.

Распределение средней годовой температуры воздуха н.у.м. в тропиках. Распределение средней годовой температуры поверхности океана и средние течения. Распределение среднемесячной температуры в июле и январе и положение термического экватора. Средняя годовая амплитуда температуры воздуха н.у.м. Связь между количеством осадков и средней месячной температурой.

Тема 6. Температура в средней и верхней тропосфере.

Профили вдоль меридиана средней температуры н.у.м. в январе и июле. Профили средней температуры воздуха н.у.м. вдоль 15⁰ ю.ш. в феврале и августе. Распределение среднемесячной температуры на 300 гПа зимой и летом в тропиках. Аномалии температуры вдоль 32°с.ш. в июле - влияние орографии. Температурные профили вдоль

Раздел 5. Влажность

Тема 7. Влагосодержание основных систем циркуляции.

Глобальное распределение средней удельной влажности на 850 гПа в январе и июле. Среднее вертикальное распределение удельной влажности в тропической атмосфере. Термическое и влажностное строение экваториальной ложбины над материками и океаном.

Тема 8. Вертикальная структура влагосодержания тропической атмосферы.

Вертикальная структура экваториальной ложбины над сушей и океаном (температура и общее количество водяного пара). Вертикальное распределение влажной статической энергии в тропиках. Вертикальный разрез влажной статической энергии через экваториальную ложбину.

Раздел 6. Облачность

Тема 9. Облачные системы тропической зоны.

Пространственно-временные характеристики облачных скоплений ВЗК. Распределение общей облачности в тропической зоне в январе, апреле, июле и октябре. Вероятностные оценки повторяемости крупномасштабных облачных систем в тропиках. Глобальное поле облачности и интенсивность вертикальных движений в низких широтах.

Раздел 7. Осадки

Тема 10. Средние осадки в тропиках.

Карты среднемесячных осадков: январь, апрель, июль, октябрь. Среднегодовые осадки в тропиках. Распределение осадков относительно экваториальной ложбины в январе и ию-

ле, над океанами и материками в июле. Связь осадков с дивергенцией скорости ветра у земли. Меридиональные профили среднегодовых осадков, испарения и их отношения. Годовой глобальный перенос водяного пара в атмосфере из тропиков в умеренные широты и внутри тропиков.

Тема 11. Изменчивость осадков.

Кривые распределения среднегодовых и среднемесячных осадков. Статистические характеристики осадков в тропиках. Накопленные частоты осадков по плевнметрическим и радиолокационным данным. Ливневые штормы в Венесуэльском эксперименте, в АТЭП и в Индии. Эмпирическая связь между процентным количеством осадков и относительной частотой ливневых штормов (числом дней с осадками). Мезомасштабные системы, дающие осадки. Связь параметров этих систем с осадками.

Раздел 8. Пассаты

Тема 12. Пассатная инверсия (ПИ).

Открытие. Высотные профили температуры и влажности в пассатной инверсии. Характеристики подоблачного и облачного слоя. Средние характеристики ПИ. Экстремальные случаи ПИ. Вертикальные профили ветра в ПИ в Атлантическом и Тихом океанах. Характерное поле тока в ПИ на уровне земли и на 300 гПа. Линии тока и изотахи у поверхности земли летом Северного полушария. Дивергенция приповерхностного ветра. Дивергенция и вертикальные движения выше ПИ на 700 гПа. Пространственные характеристики ПИ в Атлантическом океане: высота нижней границы, скачек температуры от нижней границы к верхней, уменьшение относительной влажности от нижней границы к верхней, потенциальная температура на верхней границе инверсии.

Тема 13. Пассатная циркуляция.

Сравнение температуры в области пассатной инверсии и на экваторе в Атлантическом тропическом эксперименте ПИГАП (АТЭП). Временной ход ПИ. Гистограмма повторяемости высоты нижней границы инверсии, вторая пассатная инверсия. Простейшая теория образования ПИ и повышения ее нижней границы по мере движения на запад и к экватору. Баланс энергии в пассатах: сухая статическая энергия, скрытая теплота конденсации. Результаты АТЕПа.

Раздел 9. Внутритропическая зона конвергенции

Тема 14. Пассатная и муссонная внутритропическая зона конвергенции.

Внутритропическая зона конвергенции и облачность в тропиках. Исследование ВЗК в Тропэкс-72 и АТЭП. Средние характеристики ВЗК: поле ветра, поле давления, поле температуры поверхности воды и воздуха. Облачность и осадки, облачные скопления в ВЗК. Развитая и размытая ВЗК: вертикальные профили меридионального ветра, вертикальные профили дивергенции и вертикальных движений. Энергетика ВЗК, локальные изменения суммарной энергии и водяного пара за счет крупномасштабных движений, макротурбулентности и потоки от океана.

Тема 15. Циркуляция атмосферы в ВЗК.

Крупномасштабные потоки через боковые стенки единичного столба атмосферы для развитой и размытой ВЗК. Турбулентные потоки энергии от океана в атмосферу. Оценки изменения водяного пара и суммарной энергии в столбе атмосферы при развитой и размытой ВЗК. Изменение скрытой теплоты конденсации в единичном столбе атмосферы за счет крупномасштабных движений для различных классов ВЗК. Изменение энтальпии в единичном столбе атмосферы за счет крупномасштабных движений для различных классов ВЗК.

Раздел 10. Восточные волны в тропиках

Тема 16. Восточные волны в тропиках.

Географическое размещение тропических возмущений. Характерные масштабы атмосферных движений в тропиках. Иерархия движений различных масштабов по Рилу. Характеристики крупномасштабных тропических волн. Восточная волна Рилы. Волна Кельвина, смешанная Россби - гравитационная волна. Вертикальные профили зонального ветра, аномалии температуры, меридиональной составляющей, скорости ветра, абсолютного вихря для восточных волн в Карибском районе, районе АТЭП, Африке, Индии, западном и центральном Тихом океане. Композиционная структура восточной волны АТЭП. Восточная волна АТЭП и осадки.

Раздел 11. Муссоны

Тема 17. Синоптические составляющие муссонов.

Определение и распространение муссонов. Тропические муссоны. Климатические поля давления, ветра, температуры, осадков. Изменчивость осадков. Продвижение муссонов от весны к лету и отступление - от лета к осени. Характер перетока пассата южного полушария и превращение его в юго-западный муссон, результаты эксперимента "Бальзамин". Планетарный масштаб муссона. Сопоставление летнего и зимнего азиатского муссона.

Различное нагревание суши и океана, оценка вкладов различных источников тепла во время летнего муссона. Изменение скорости нагревания вдоль меридиана 73⁰ в.д.

Тема 18. Осадки в муссонах.

Оценка влагосодержания атмосферы и влагопереноса в предмуссонный период и в период активного муссона. Источники влаги Индийского муссона. Взрыв муссона: характер выпадения осадков, изменение структуры зональных потоков, кинетическая энергия вращательной и дивергентной компонент ветра, вихрь взрыва. Фаза активного муссона и переломом муссона. Характер циклонической деятельности во время муссона: муссонные минимумы и муссонные депрессии. Структура муссонных депрессий. Среднетропосферный циклон над Аравийским морем. Условия неустойчивости муссонного потока. Долгосрочный прогноз муссонных дождей, корреляционные связи с предмуссонными характеристиками воздушных течений и температуры. Муссон и Эль-Ниньо - Южное колебание.

Раздел 12. Явление Эль-Ниньо – Южное колебание

Тема 19. Аномалии климата и погоды в тропиках.

Явление Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК). Определение явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Атмосферная циркуляция в тропиках в период теплых и холодных фаз ЭНЮК. Синоптический механизм формирования аномалий западного ветра в периоды кульминаций ЭНЮК. Роль тропического циклогенеза в возникновении аномалии ТПО в тропиках Тихого океана. Дальние связи между тропиками и умеренными широтами. Крупномасштабное взаимодействие глобальной циркуляции атмосферы с температурой поверхности экваториального Тихого океана.

Раздел 13. Тропические циклоны (ТЦ)

Тема 20. Особенности жизненного цикла тропического циклона.

Определение тропической депрессии, тропического шторма, тропического циклона (ТЦ). Слабый, умеренный и жесткий ТЦ. Разрушительные явления, связанные с ТЦ. Жизненный цикл ТЦ. Приземное давление и приземный ветер: средние профили радиальной, тангенциальной и полной скорости ветра, относительный вихрь и дивергенция, линии тока, радиальная скорость стационарного и движущегося ТЦ.

Тема 21. Траектории ТЦ.

Траектории воздушных частиц относительно движущегося ТЦ. Поле дивергенции и относительного вихря в композиционном ТЦ, достигшем стадии зрелого циклона. Связь мак-

симильных ветров с полем давления в ТЦ. Осадки в ТЦ. Глаз бури: поле ветра, радиолокационный вид облачности, поле температуры (теплое ядро).

Тема 22. Вертикальная структура ТЦ:

радиальная и тангенциальная составляющие в стационарном тайфуне и урагане, вертикальные профили отклонений температуры, отношения смеси, относительной влажности от средних профилей для тропической атмосферы. Статистические сведения о ТЦ. Статистика возникновения ТЦ, траектории ТЦ. Сезонный потенциал зарождения ТЦ В.Грея и его усовершенствование. Дивергенция и относительный вихрь скорости в тропических возмущениях, развивающихся и неразвивающихся в ТЦ. Разность среднего относительного вихря на 900 и 200гПа как признак развития тропического возмущения в тропический циклон. Характерный синоптический процесс развития возмущения ВЗК в тропический циклон. Успехи и проблемы в моделировании тропических ураганов.

Рекомендуемая литература:

Основная:

1. Добрышман Е.М. Динамика экваториальной атмосферы, -Л., Гидрометеиздат, 1980
2. Динамика атмосферы, облачность и теплообмен в тропиках. ПГЭП, т.7, - Л., Гидрометеиздат, 1983
3. Петросянц М.А. Синоптическая метеорология тропиков. Достижения в области гидрометеорологии и контроля природной среды, -Л., Гидрометеиздат, 1987
4. Петросянц М.А., Семенов Е.К., Гущина Д.Ю., Соколихина Е.В., Соколихина Н.Н. Циркуляция атмосферы в тропиках: климат и изменчивость., -М., Макс Пресс, 2005
5. Риль Г. Климат и погода в тропиках, - Л., Гидрометеиздат, 1984
6. Романов Ю.А. Особенности атмосферной циркуляции в тропической зоне океанов, - Спб., Гидрометеиздат, 1994
7. Тараканов Г.Г. Тропическая метеорология, - Л., Гидрометеиздат, 1980
8. Фалькович А.И. Динамика и энергетика внутритропической зоны конвергенции, - Л., Гидрометеиздат, 1983
9. Тропические муссоны. ПГЭП, т.9, -Л., Гидрометеиздат, 1988

Дополнительная:

1. Семенов Е.К., Корнюшин О.Г. Атлас характеристик циркуляции в тропосфере и нижней стратосфере тропической зоны, - М., Гидрометеиздат, 1987
2. Ситников И.Г. Прогнозирование тропических циклонов: современное состояние и перспективы. , - М., 1987, Метеорология и гидрология, №2
3. ТРОПЭКС 72, Т.1 М.А. Петросянц, - Л., Гидрометеиздат, 1974
4. ТРОПЭКС 72 Т.1 М.А. Петросянц, -Л., Гидрометеиздат, 1976
5. Хаин А.П., Сутырин Г.Г. Тропические циклоны и их взаимодействие с океаном, - Л., Гидрометеиздат, 1983

6. Хаин А.П. Математическое моделирование тропических циклонов, - Л., Гидрометеоздат, 1984
7. Hastenrath S. Climate and Circulation of Tropics, -D. Reidel Publishing Company, 1988
8. Krishnamurti T.N. Compendium of Meteorology Geneva WMO, 1979 Tropical Meteorology, v. II, Part 4, № 17
9. Rao Y.P. Southwest monsoon, India Meteorological Department , 1976

XII. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- А. Помещения - учебная аудитория на 20 мест
- Б. Оборудование - компьютерный класс с доступом в Интернет, мультимедийный проектор
- В. Иные материалы.

Разработчики:

Семёнов Е.К., профессор, д.г.н., географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова