

УДК 57.045+551.582.1; PACS: 93.30.DB

СОВРЕМЕННЫЙ КЛИМАТ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА КАТ ТЬЕН (ЮЖНЫЙ ВЬЕТНАМ): ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

© 2013 г. О.А. Дещеревская^{1,3}, В.К. Авилон^{2,3}, Ба Дуй Динь⁴, Конг Хуан Чан⁴,
Ю.А. Курбатова^{1,3}

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино, Россия

³ Совместный Российско-Вьетнамский тропический научно-исследовательский
и технологический центр, г. Хошимин, Вьетнам

⁴ Институт тропической экологии Совместного Российско-Вьетнамского тропического
научно-исследовательского и технологического центра, г. Ханой, Вьетнам

На примере современного климата национального парка Кат Тьен (Южный Вьетнам) и его изменений за 1980–2010 гг. рассмотрена методика использования данных сетевых метеорологических станций в исследованиях локальных природных экосистем. Особое внимание уделено параметрам внешней среды, которые выступают в качестве лимитирующих факторов. Показано, что климат Южного Вьетнама статистически значимо реагирует на глобальное изменение климата. Сделаны предположения о возможных последствиях происходящих изменений климата для экосистемы муссонного тропического леса.

Ключевые слова: современные изменения климата, тропические муссонные леса Юго-Восточной Азии, Южный Вьетнам, национальный парк Кат Тьен.

Введение

Природные экосистемы находятся в процессе непрерывной адаптации к изменениям факторов окружающей среды [Сукачев, 1942; Керженцев, 2006], основными из которых являются метеорологические условия, режим почвенного увлажнения, доступность питательных веществ для растений, интенсивность антропогенного воздействия. При исследовании функционирования природных экосистем в меняющихся условиях внешней среды и мониторинге состояния компонентов экосистем (растительного покрова, отдельных видов животных, почвенной микробиоты и т.д.) необходимо знание о климате территории и его изменениях. Связь метеорологических и биологических процессов

проявляется на разных характерных временах: внутрисезонная изменчивость погоды влияет на фенологические процессы и активность живых организмов, а многолетние направленные изменения климата обуславливают сукцессии растительных сообществ, изменения ареалов. Катастрофические погодные явления вызывают резкие изменения структуры и функций экосистем. Прогноз атмосферных процессов позволяет отслеживать и предсказывать реакции экосистем и их компонентов на метеорологические изменения. Уровень современных прогнозных оценок погоды и климата дает возможность оперативно реагировать на возникающие угрозы для природных экосистем, обеспечивать сохранность редких местообитаний и редких видов (например, путем предотвращения лесных пожаров).

Исследование функционирования природных экосистем может проводиться на разных пространственных уровнях (экосистемы различных рангов) [Одум, 1975]. Нижний ранг занимают экосистемы масштаба лесных «окон», деталей микро- и мезорельефа (несколько метров–десятки метров). К экосистеме среднего ранга можно отнести биогеоценоз (например, биогеоценоз дубравы – размеры от нескольких километров до десятков километров). Экосистема более крупного ранга – биом (биом широколиственных лесов – сотни и тысячи километров). И, наконец, экосистема высшего ранга – биосфера. Для каждого ранга экосистем наиболее удобны свои методы исследований (например, камерные методы для исследования газообмена отдельных деревьев и спутниковые методы для исследования биомов).

Определенному рангу экосистемы соответствует определенный ранг климатических условий. Выделяют микро-, мезо- (влияние горных хребтов, водохранилищ) и макроклиматические (типы климата, например, умеренный морской климат) условия. Методы описания климата в зависимости от пространственных масштабов исследуемой территории также различны.

Детальные исследования функционирования экосистем и их компонентов, как правило, проводятся на контрольных точках и площадях – небольших (первые десятки–сотни метров) участках территории, флора и фауна которых типична для выбранного масштаба экосистемы [Сукачев, Зонн, 1961; Программа..., 1974]. В этом случае требуется описать климат именно этого выбранного масштаба экосистемы. Если местность относительно однородна по рельефу, гидрологии и растительности, то оценивают фоновые климатические характеристики на участках местности размерами в первые десятки километров.

Особо охраняемые природные территории, слабо затронутые деятельностью человека, являются важными объектами для экологического мониторинга и исследования функционирования экосистем [Biosphere..., 1996]. В паспортах заповедников и национальных парков должны быть приведены климатические характеристики. Большая часть исследований флоры и фауны (особенно животных, способных перемещаться на большие расстояния) должна быть соотнесена с метеорологическими характеристиками конкретного года исследований (к примеру, период исследований был жарче и суше нормы: тогда выявленные закономерности могут быть характерны только для жарких и сухих периодов). Для сопоставления метеорологического режима отдельных сезонов с климатическими средними требуется знать норму метеорологических параметров для данного региона и параметры года, в который проводятся исследования.

Не всегда (особенно в развивающихся странах, где сеть метеорологических станций не столь густая, как в развитых) метеорологические станции расположены в границах охраняемых природных территорий и вблизи от исследуемых контрольных участков экосистемы. Чаще они расположены в населенных пунктах, отстоящих от границ ре-

зервата. В таком случае задача оценки локального климата в применении к исследованиям естественных экосистем делится на следующие этапы:

- 1) выбрать репрезентативные для локального климата метеорологические станции из имеющихся, провести контроль качества данных;
- 2) установить метеорологические параметры, наиболее существенные для функционирования данной экосистемы (в том числе лимитирующие факторы климата), оценить их средние и экстремальные значения, условия возникновения погодных аномалий;
- 3) соотнести происходящие изменения выбранных метеорологических параметров на исследуемой территории с региональными и глобальными изменениями климата;
- 4) составить прогноз регионального и локального климата по данным численных моделей, на основе которого можно делать прогноз развития природной экосистемы.

В настоящей работе в рамках исследований, проводимых в Совместном Российско-Вьетнамском тропическом научно-исследовательском и технологическом центре, рассмотрены методические аспекты первых трех этапов оценки локального климата. Ход описания, возникающие при этом сложности и возможные пути их устранения даны на примере равнинной территории национального парка Кат Тьен (11°26' с.ш., 107°24' в.д., Южный Вьетнам) (далее – Парк).

Глобальные изменения климата, ярко проявляющиеся в последние десятилетия по всему земному шару, влияют на различные характеристики животного и растительного мира (фенология, ареалы, вспышки численности вредителей и др.). Знание изменений климата позволит объяснять и прогнозировать часть изменений в биосфере. Помимо прямого влияния на растительный и животный мир, климатические изменения имеют важные косвенные эффекты, например увеличение опасности лесных пожаров [Page *le et al.*, 2007]. По оценкам МГЭИК [МГЭИК, 2007], приземная температура воздуха в Южном Вьетнаме в XXI в. может вырасти на 1–2 °С [МГЭИК, 2007], что, в свою очередь, приведет к значительному изменению структуры и функций экосистемы тропического леса в целом [Clark, 2004] и его отдельных компонентов (см., например, оценку сдвигов ареалов отдельных видов деревьев во Вьетнаме при возможных изменениях климата [Booth *et al.*, 1999]).

Информация о современном изменении климата в районе Парка ограничивается чрезвычайно общими утверждениями (например: «... за последние годы режим осадков Кат Тьена несколько изменился» [The nomination..., 2011]). В литературе приводятся некоторые данные о климате Южного Вьетнама, полученные как на основе наблюдений на метеорологических станциях [Nguyen *et al.*, 2000], так и в результате численного моделирования [Phan *et al.*, 2009]. Однако при описании локального климата Парка требуется оценка репрезентативности стационарных (точечных) или модельных (осредненных по ячейке модели) данных для рассматриваемой территории.

В исследованиях флоры и фауны Парка [Vandekerkhove *et al.*, 1993; Blanc *et al.*, 2000; Polet, Ling, 2004; Структура..., 2011; The nomination..., 2011], приводятся различающиеся метеорологические данные, иногда не указываются станции и периоды осреднений, по которым приводятся характеристики климата. Данная работа преследует задачу описания климата национального парка Кат Тьен (создание реферативной базы по важнейшим для экосистемных исследований метеорологическим параметрам), а также оценки его изменений на данной территории в связи с глобальными и региональными изменениями, с акцентом на тех из них, которые могут негативно отразиться на флоре и фауне Парка. Отдельно рассмотрено влияние метеорологических явлений, вызывающих аномальные погодные условия в Кат Тьене: явления Эль-Ниньо–Южное ко-

лебание, а также тропических циклонов. Явление Эль-Ниньо создает жаркие и засушливые условия в Юго-Восточной Азии [McPhadden, 2002]. Тропические циклоны, являющиеся самым разрушительным природным бедствием Вьетнама [The impact..., 2000], сопровождаются чрезвычайно интенсивными осадками (до 600–700 мм/сут в Центральном Вьетнаме), наводнениями и шквальными ветрами.

Климатические характеристики представляют интерес не только для изучения функционирования экосистем, но и для природоохранной деятельности. Самой серьезной естественной угрозой природному достоянию Парка ЮНЕСКО называет лесные пожары [The nomination..., 2011]. Сроки, в которые повышается вероятность возникновения природных пожаров, в большой степени зависят от метеорологических условий. Понимание этих условий необходимо для обеспечения должных противопожарных мер и в итоге сохранения биоразнообразия Парка.

Объект исследования и физико-географическая характеристика района исследований

С 2001 г. национальный парк Кат Тьен приобрел статус биосферного заповедника, включенного в список ЮНЕСКО [СТВР..., 2010]. На его территории проводятся многолетние комплексные исследования функционирования экосистемы муссонных полулистопадных лесов [Структура..., 2011], а с ноября 2011 г. действует измерительный комплекс по методу ковариации пульсаций (турбулентных пульсаций, микрометеорологических наблюдений, eddy covariance), предназначенный для мониторинга и подробного исследования функционирования экосистемы муссонного тропического леса Южного Вьетнама.

Национальный парк Кат Тьен расположен на стыке трех провинций Вьетнама: Донг Най (Đông Nai), Бинь Фьюк (Bình Phước) и Лам Донг (Lâm Đồng) [Структура..., 2011]. Южная, равнинная, часть Парка расположена в провинции Донг Най на севере Южного Вьетнама (регион Кохинхина). Своеобразие рельефа и подстилающих пород здесь обусловлено активной вулканической деятельностью в сравнительно недавнем геологическом прошлом – позднем плейстоцене–раннем голоцене [Whitford-Stark, 1987]. Геологический фундамент представлен базальтами, вулканическими туфами, туфобрекчиями, глинистыми сланцами. Территория вокруг Парка отличается сложным рельефом при общей тенденции к увеличению высот с юго-запада на северо-восток в сторону Центральной возвышенности. Абсолютные высоты Кохинхины – 30–50 м, а ближайшие отроги Центральной возвышенности поднимаются до 500 м над уровнем моря и более. В 20 км на юг от границ Парка расположено крупное водохранилище Чи Ан (Trí An), а по его восточной и северной границам протекает крупная река Донг Най (вторая по величине река Южного Вьетнама после Меконга). На территории Парка встречаются озера, в том числе довольно крупные (Бау Сау), и болотистые участки. Во влажный сезон многочисленные притоки Донг Ная наполняются водой, а болотно-озерные участки объединяются в единую гидрологическую систему.

Территория Вьетнама согласно классификации климатов Б.П. Алисова (классификация по режиму циркуляции воздушных масс – см. [Хромов, Петросяни, 2001]) относится к субэкваториальному климату (климат экваториальных муссонов). Летом на территорию Вьетнама с юга и юго-запада приходят экваториальные воздушные массы с Сиамского залива и Индийского океана (очень влажные и прогретые), а зимой с севера сюда смещаются тропические воздушные массы (сухие и жаркие). Засушливую зиму

сглаживает периодическое проникновение воздушных масс с прибрежных морей бассейна Тихого океана, а также вторжения с востока и северо-востока тропических циклонов, приносящих кратковременные обильные осадки. Смещение экваториальной и тропической воздушных масс с севера на юг (по меридиану) в Юго-Восточной Азии дополняется муссонной циркуляцией. Сезонные муссонные ветры летом дуют с прохладного океана на прогретый континент (в Южном Вьетнаме – со стороны Индийского океана, в Северном – со стороны Тихого), а зимой – с охлажденного континента в сторону остающегося более теплым океана.

Подобный режим циркуляции обуславливает два сезона. Так как межсезонные различия в температуре воздуха невелики, сезоны принято называть сухим (зима) и влажным (лето). Совместное воздействие смещения воздушных масс по меридиану и муссонной (океан–континент) циркуляции вызывает юго-западные летние ветра (летний муссон) и север–северо-восточные зимние ветра (зимний муссон).

По климатической классификации Кеппена–Гейгера, основанной на учете режима температуры и осадков [McKnight, Hess, 2000], климат Южного Вьетнама относится к тропическому муссонному типу (tropical monsoon climate, Am), в котором (по определению) $P_{dry} > (100 - MAP/25)$, где P_{dry} – осадки сухого сезона, MAP – годовая сумма осадков.

Хорошо дренированные участки Парка характеризуются темноцветными почвами на базальтах и сланцах. Вследствие вулканического происхождения подстилающих пород и сравнительно небольшого времени формирования почвы маломощные и отличаются довольно высоким плодородием, что в целом не характерно для тропиков.

На территории Парка произрастают муссонные полулистопадные тропические леса, в которых насчитывается более 80 фоновых видов деревьев [Кузнецов, Кузнецова, 2011]. Деревья верхних ярусов сбрасывают листья в сухой сезон, а деревья нижних ярусов листву в основном не сбрасывают; сроки сбрасывания и появления листьев зависят от вида дерева, места его произрастания и условий конкретного года. Пик листопада наблюдается в декабре–январе. Структура древостоя насчитывает 3–5 ярусов. На дренированных участках основными лесообразующими видами являются *Lagerstroemia calyculata* (Lythraceae), *Haldina cordifolia* (Rubiaceae), *Tetrameles nudiflora* (Datisceae), *Azelia xylocarpa* (Caesalpinaceae), *Sterculia cf. cochinchinensis* (Sterculiaceae), на сезонно заливаемых участках – *Dipterocarpus alatus*, *Hopea odorata* (Dipterocarpaceae), *Hydnocarpus cf. anthelmintica* (Kiggelariaceae); на желтых ферраллитных почвах на сланцах – *Dipterocarpus turbinatus*, *Shorea roxburghii* (Dipterocarpaceae), *Swintonia floribunda* (Anacardiaceae), *Sandoricum koetjape* (Meliaceae). Обильны лианы, эпифиты и полуэпифиты. Травяной покров фрагментарен.

Методика описания локального климата по данным сетевых метеорологических станций

При описании климата небольших территорий данные сетевых метеорологических станций являются наиболее точными по сравнению с реанализом (метеоданными из различных источников, интерполированными в регулярную сеть) и данными численного моделирования, несмотря на возможные погрешности и неоднородности в рядах наблюдений [Torok, Nicholls, 1996]. Согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации, за современный климат принимаются средние характеристики состояния атмосферы за 30-летний период наблюдений – с 1961 по 1990 г. К сожалению,

данные метеорологических станций за указываемый период не всегда доступны, поэтому для оценки современного климата иногда приходится использовать смещенные периоды (например, с 1980 по 2010 г.), но крайне желательно брать период не менее 20 лет и не ранее 1960-х годов.

В связи с возможными погрешностями и ошибками в рядах метеорологических наблюдений требуется контроль качества используемых данных сетевых станций – тесты на однородность рядов и удаление очевидно ошибочных значений [Manton et al., 2001], а также сравнение данных соседних станций (непрерывность метеополей по пространству).

При использовании данных метеорологических станций важно учитывать их положение в макро- и мезорельефе и абсолютную высоту. Желательно сравнивать данные нескольких станций, расположенных с наветренных сторон (по средней розе ветров) от исследуемого участка, чтобы исключить случайные ошибки измерений (если такие данные имеются). Необходимо проводить сравнение данных выбранных станций для выявления климатических особенностей разных участков мезорельефа. При прочих равных условиях станции с большей абсолютной высотой отличаются большим количеством осадков и более низкой среднегодовой температурой (температура падает на 0.6–0.9° на каждые 100 м подъема).

Для применения климатических данных в экологических исследованиях важно рассмотреть длительность и интенсивность возможных экстремальных погодных условий. Наиболее значимыми будут факторы, относящиеся к лимитирующим для данной экосистемы, а также для отдельных видов-эдификаторов. Выявить такие факторы можно по данным детальных исследований функционирования экосистемы (движение в сторону оптимума лимитирующего фактора будет давать наибольший отклик экосистемы) или по данным сравнительно-географического анализа экосистем, находящихся в различных климатических условиях (см., например, [Лосицкий, Чуенков, 1980]. Так, для переменного-влажных тропических лесов лимитирующим фактором может оказаться распределение и количество осадков в сухой сезон или количество солнечной радиации во влажный сезон (второе – лимитирующий фактор роста для влажных тропических лесов, где и тепла, и влаги достаточно – см. [Huete et al., 2006]).

Климат парка Кат Тьен

Расположение и характеристика метеостанций. Вокруг Парка на расстоянии несколько десятков километров расположено 7 метеорологических станций (рис. 1): Донг Соай (Đồng Xoài), Донг Фу (Đồng Phú), Фьюк Лонг (Phuoc Long), Бьен Хоа (Biên Hòa), Бао Лок (Bảo Lộc), Ла Нга (La Ngà) и Суан Лок (Xuân Lộc). Для описания климата Парка наиболее подошли бы метеостанции, расположенные на северо-востоке и юго-западе – по направлениям ветров в сухой и влажный сезоны. Однако резкое увеличение высот к северо-востоку и наличие крупного водохранилища на юге не позволяют использовать данные расположенных там станций. Наиболее подходят метеостанции Донг Фу, Донг Соай и Фьюк Лонг, из числа которых нами детально проанализированы данные станций Донг Соай и Фьюк Лонг (провинции Бинь Фьюк) в сравнении с данными станций Донг Фу и Бьен Хоа, которые были ранее использованы для характеристики лесных массивов Ма Да [Кузнецов, 2003] и Кат Тьен [Аничкин, 2008]. Основные характеристики метеорологических станций представлены в табл. 1.



Рис. 1. Расположение метеорологических станций вокруг национального парка Кат Тьен (источник: Интернет-сайт maps.google.ru/)

1 – метеостанции; 2 – положение измерительного комплекса пульсационных наблюдений

Таблица 1. Характеристики метеорологических станций в районе национального парка Кат Тьен

Метеостанция	Координаты	Расположение станций относительно измерительного комплекса	Абсолютная высота, м	Период наблюдений	Измеряемые параметры
Фьюк Лонг	11°50' с.ш., 106°59' в.д.	64 км на СЗ	180	1979–2010 гг.	T , Pr, Sh, Rh, V_d , V_{sp} , T_{max} , T_{min}
Донг Соай	11°32' с.ш., 106°54' в.д.	57 км на ЗСЗ	150	1981–2010 гг.	T , Pr
Донг Фу	11°31' с.ш., 106° 59' в.д.	46 км на ЗСЗ	100	1976–1990 гг.	T , Pr
Бьен Хоа	10°57' с.ш., 106°50' в.д.	83 км на ЮЗ	15	1977–1987 гг.	T , Pr, Sh, Rh, V_{sp} , T_{max} , T_{min}

Примечание. T – температура, Pr – осадки, Sh – число часов солнечного сияния, Rh – относительная влажность, V_d – направление ветра, V_{sp} – скорость ветра, T_{max} – максимальная среднесуточная температура, T_{min} – минимальная среднесуточная температура.

Температурно-влажностный режим Парка. Наибольшее годовое количество осадков (около 2680 мм/год) отмечено на самой северной и самой высокой станции Фьюк Лонг (см. рис. 1): осадки выпадают преимущественно во влажный сезон (рис. 2, табл. 2). Метеостанция Бьен Хоа – самая сухая («всего» 1640 мм осадков/год) и самая теплая (на 0.6 и 1.3° теплее, чем станции Донг Соай и Фьюк Лонг соответственно).

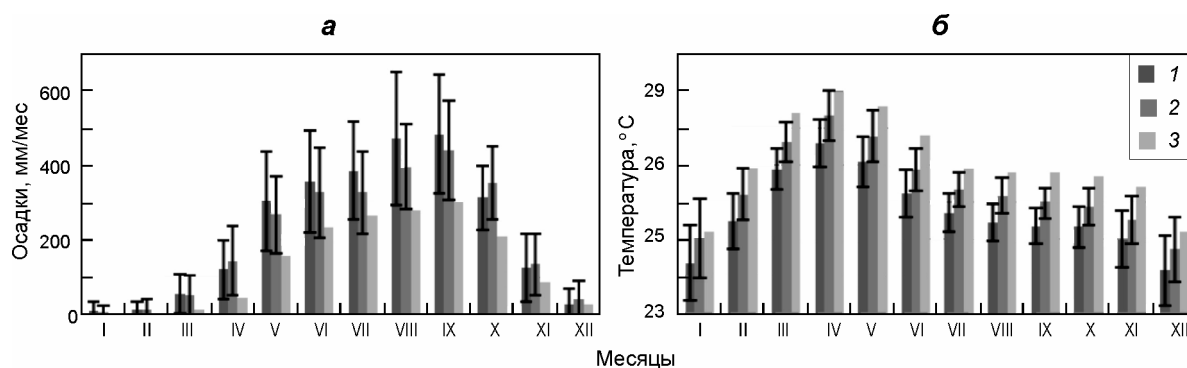


Рис. 2. Годовой ход среднемесячной суммы осадков (а) и температуры (б) по данным метеостанций Фыок Лонг (1), Донг Соай (2) и Бьен Хоа (3)

Планки погрешностей показывают стандартное отклонение среднемесячных данных

Таблица 2. Годовая сумма осадков и среднегодовая температура на метеостанциях Фыок Лонг, Донг Соай и Бьен Хоа

Метеостанция	Годовая сумма осадков, мм	Среднегодовая температура, °C
Фыок Лонг	2682	25.7
Донг Соай	2518	26.4
Бьен Хоа	1642	27.0

Для характеристики климата равнинной части национального парка Кат Тьен (и, в частности, площадки измерительного комплекса пульсационных наблюдений с абсолютной высотой около 140 м) наиболее репрезентативными являются данные станции Донг Соай (сумма осадков – 2518 мм/год, среднегодовая температура – 26.4 °C) (табл. 3).

В конце сухого сезона, в апреле, достигается наибольшая среднемесячная температура (28.3 °C) и устанавливаются суточные максимумы (рекорд среднесуточной температуры зафиксирован 23.04.1990 г. – 31.5 °C). Наименьшая температура наблюдается в декабре (среднемесячная температура составляет 24.7 °C, а среднесуточный минимум за рассматриваемый период – 13.12.1998 г. – 19.3 °C). Абсолютный максимум температуры, отмеченный на станции Фыок Лонг, – 38.5 °C (апрель 1987 г.), минимум – 13.0 °C (январь и декабрь 1981 г.). Ход температуры в течение сухого сезона определяется высотой Солнца (в зимние месяцы Солнце проходит по южной части неба, 20 апреля в полдень Солнце находится в зените, затем 24 августа переходит на северную часть неба, когда снова находится в полдень в зените). Возможно, при анализе хода параметров, зависящих от метеорологических характеристик (например, фотосинтез и дыхание экосистемы), стоит выделять не два периода (сухой и влажный), а три «маркировочных» месяца: апрель (жарко+сухо), сентябрь (тепло+влажно) и декабрь (тепло+сухо), т.е. выделять в течение одного и того же сухого сезона два различных характерных месяца, поскольку вся годовая амплитуда температуры в Южном Вьетнаме укладывается в пределы сухого сезона. Влажный сезон и связанные с ним дожди сглаживают амплитуду температуры.

Таблица 3. Реферативные климатические данные для метеостанции Донг Соай

Параметр*	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °С	25.0	26.2	27.6	28.3	27.8	26.9	26.4	26.2	26.0	25.9	25.5	24.7
Стандартное отклонение температуры, °С	1.1	0.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6	0.9
Максимальная температура, °С	35.4	37.0	38.3	38.5	38.0	35.9	34.6	34.2	34.1	35.0	34.7	34.1
Минимальная температура, °С	13.0	14.6	15.0	19.6	20.1	20.8	20.4	19.9	20.5	16.5	13.2	13.0
Осадки, мм	8.2	15.5	51.1	145.2	268.4	328.6	328.6	397.7	442.2	354.4	136.5	41.4
Стандартное отклонение осадков, мм	16.2	25.1	52.6	92.3	105.0	121.9	110.1	115.1	134.2	98.2	82.4	48.8
Число дней с осадками	1.5	1.7	4.5	10.4	17.9	21.3	23.4	23.9	25.5	22.6	12.2	4.5
Относительная влажность*, %	70.9	70.1	70.2	74.7	81.1	85.5	87.2	88.8	88.9	86.4	80.1	74.1
Скорость ветра**, м/с	1.5	1.4	1.6	1.4	1.5	1.5	1.6	1.5	1.3	1.2	1.3	1.7
Продолжительность солнечного сияния**, ч	275.4	255.8	267.3	243.1	224.2	181.8	178.8	154.9	150.8	185.8	214.2	245.2

* Для всех параметров, кроме минимальной и максимальной температур, указаны среднемесячные значения. Для максимальной и минимальной температур приводятся зафиксированные абсолютный максимум и абсолютный минимум (мгновенное значение между сроками наблюдений).

** Величины указаны по данным станции Фьюк Лонг ввиду их отсутствия для станции Донг Соай.

Дополнительные характеристики режима осадков. Два самых сухих месяца на территории Парка – январь (сумма осадков – в среднем 8.2 мм/мес.) и февраль (в среднем 15.5 мм/мес.); более чем в трети этих месяцев осадки вовсе отсутствуют. Однако при прохождении тропических циклонов вдоль побережья Южного Вьетнама количество осадков в январе–феврале может составлять несколько десятков миллиметров (максимум был зафиксирован в январе 1980 г. – 84.0 мм). Самый влажный месяц – сентябрь (среднее значение – 442.2 мм/мес.). В течение всего сухого полугодия (с ноября по апрель) выпадает 400 мм осадков (1/6 годовой суммы). В декабре и марте выпадает 40–50 мм осадков, поэтому эти месяцы нельзя считать очень сухими.

Количество дней с осадками – наименьшее в январе и феврале (1.5–1.7 дней – для станции Донг Соай и 1.8–2 дня – для станции Фьюк Лонг). Однако даже в эти месяцы иногда (1999 г., 2009 г.) бывает 9–11 дней с осадками. Наибольшее количество дней с осадками (25.5 дней – для Донг Соай и 25.1 дней – для Фьюк Лонг) отмечается в сентябре, но бывают годы, когда в августе или сентябре – всего 16–18 дней с осадками. Если за «дни с осадками» в тропиках считать дни, в которые была зафиксирована сумма осадков более 2 мм [Manton et al., 2001], то количество дождливых дней для станций в январе–феврале снижается до 0.6–1.2, а в августе–сентябре – до 19.1–19.9 дней.

Продолжительность сухого и влажного сезонов в субэкваториальной зоне определяют функционирование и даже тип экосистем (саванна или полулистопадный лес). Критерии продолжительности сухого сезона, предложенные различными авторами (см. обзор [Wang, Lin Ho, 2002]), варьируют в зависимости от параметра и метода, по которому определяется влажный сезон. Мы считаем, что важно различать понятия «начало летнего муссона» (определяемое метеорологически, по циркуляции атмосферы) и «начало влажного сезона» (определяемое по режиму увлажнения). Для исследований экосистем в первую очередь важно начало и окончание влажного сезона. Увеличение количества осадков в Индокитае наступает раньше, чем устанавливаются устойчивые юго-западные ветра (у земли и на высоте до 1–1.5 км) летнего муссона [Kiguchi, Matsumoto, 2005]. Иными словами, влажный сезон в Южном Вьетнаме начинается раньше, чем летний муссон. Начало летнего муссона на равнинной части Южного Вьетнама приурочено к первой–второй декаде мая [Wang et al., 2004]. Для экологических исследований важен разброс дат начала и окончания влажного сезона в различные годы, а также применимость критерия для отдельного конкретного года, поэтому некоторые критерии начала влажного сезона (см. обзор и предложенный авторами критерий – [Wang, Lin Ho, 2002]) не подходят для целей экосистемных исследований.

Мы определили за начало влажного сезона первый день пятидневки (начиная отсчет с 1 марта), в который одновременно выполняются два условия:

- 1) за 5 дней выпало в сумме ≥ 15 мм осадков;
- 2) после 5 дней с осадками нет недели (до конца мая), в которую выпадет < 2 мм осадков.

За конец влажного сезона мы приняли первый день пятидневки (начиная отсчет с 1 октября), в который одновременно выполняются два условия:

- 1) за 5 дней выпадет < 2 мм осадков;
- 2) после 5 дней с осадками в следующие две недели не случается дождя с интенсивностью ≥ 40 мм/5 дней.

Конкретные значения критериев (количество дней и выпавших осадков) – дискуссионный вопрос, но подобные критерии (n мм осадков за m дней, после которых отмечается k дней с суммой осадков l) распространены в литературе [Casa de la, 2009]. Для установки конкретных значений мы исходили из данных измерения влажности почвы на территории комплекса пульсационных наблюдений в восточной части Парка за сухой сезон 2011–2012 гг.:

- дожди интенсивностью 2 мм смачивают только опад;
- дожди интенсивностью 5 мм смачивают почву до глубины 5 см;
- дожди интенсивностью 10 мм доходят до глубины 20 см, но не глубже;
- дожди интенсивностью 15 мм доходят до глубин 30–50 см;
- дожди интенсивностью 40 мм восполняют запасы влаги во всем почвенном профиле до глубины 50 см;
- чтобы после дождя в 40 мм почва высохла до состояния «сухого сезона», требуется более 14 дней без дождей.

Для экологических исследований значения критериев границ влажного сезона, по-видимому, должны корректироваться с учетом отклика растительного и животного мира на происходящие изменения режима увлажнения.

По вышеозначенным критериям начало влажного сезона на метеостанции Фьок Лонг отмечается в среднем 25 апреля (разброс от 18 марта до 24 мая), а конец – в среднем

13 ноября (9 октября–19 декабря). Продолжительность влажного сезона в среднем составляет 204 дня (от 147 до 245 дней), а влажного – 161 день (от 120 до 218 дней). По данным метеостанции Донг Соай начало влажного сезона приурочено в среднем к 23 апреля (22 марта–29 мая), окончание – к 11 ноября (20 октября–20 декабря). Продолжительность влажного сезона в среднем – 203 (148–264), сухого – 162 (101–217) дня.

Помимо продолжительности и дат наступления влажного и сухого сезона, в целях описания климатических условий «с точки зрения экосистемы» важно представлять распределение осадков в течение этих периодов. Мы оценили возможность перебоев в летнем муссоне (достаточно длительное отсутствие осадков в сезон дождей), а также средние и экстремальные длительности полностью сухих периодов сухого сезона. Под сухими периодами здесь мы подразумеваем периоды, в каждую отдельно взятую пятидневку которых сумма осадков была меньше 2 мм (такие осадки в условиях сухого сезона только смачивают опад, быстро испаряясь обратно в атмосферу).

По данным станции Фьюк Лонг с 1979 по 2010 г. в течение влажных сезонов самые длительные сухие периоды составляли 9 дней (два года наблюдений из 30). На станции Донг Соай, которая отличается в целом меньшим количеством осадков, сухие периоды составляли до 10–11 дней (также два года из 32 лет, а в остальные годы самый длительный сухой период сезона дождей был короче 10 дней). На рис. 3 показана частота появления сухих периодов различной длины в границах влажного сезона. На станции с большим количеством осадков – Фьюк Лонг – влажный сезон в 1/3 случаев не имеет сухих периодов длиннее 4 дней. Для станции Донг Соай такие годы составляют только 12 %. На обеих станциях 35–40 % лет имеют хотя бы один сухой период протяженностью 5 дней, еще 25 % лет имеют сухой период 6 дней.

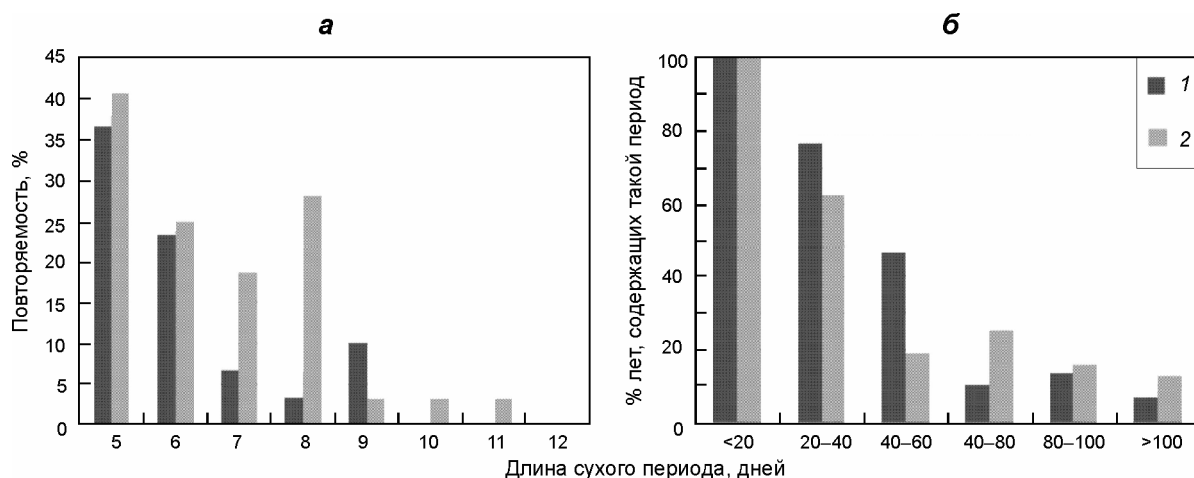


Рис. 3. Повторяемость лет (%) за весь период наблюдений, в которые были отмечены сухие периоды (периоды, в которые за каждую скользящую пятидневку выпадало меньше 2 мм осадков) по данным метеостанций Фьюк Лонг (1) и Донг Соай (2)
а – влажный сезон; б – сухой сезон

Во влажный сезон сухие периоды длиннее 12 дней не случались вообще, что свидетельствует о весьма равномерном режиме осадков в течение влажных сезонов 1980–2010 гг. Значимые перебои в летних муссонных дождях, крайне неблагоприятные для сельского и лесного хозяйства, отсутствовали. Возможно, иная ситуация наблюдалась до 1980 г. в связи с изменившейся структурой явления Эль-Ниньо–Южное колебание в Тихом океане: по крайней мере, в Индии, обладающей таким же типом климата, в 1970-х годах случались перебои муссона, приводившие к потере части урожая (см., на-

пример, [Sinha et al., 2007]), однако используемые данные не позволяют сделать выводы о более раннем периоде.

В сухой сезон длительность самых продолжительных сухих периодов изменяется от 22 до 141 дня (максимальная продолжительность – 141 день – была зафиксирована в сухой сезон 1982–1983 гг. на станции Донг Соай), в среднем в году самый продолжительный сухой период составляет 56–66 дней (на станциях Фьюк Лонг и Донг Соай). На станции Фьюк Лонг только два года имели сухой период больше 100 дней (2001–2002 и 2004–2005 гг.), на станции Донг Соай – 4 года (1982–1983, 1988–1989, 1989–1990, 2004–2005 гг.).

Средние максимальные суточные осадки (максимальная суточная сумма осадков за каждый отдельно взятый год) за весь период наблюдений на станциях Донг Соай и Фьюк Лонг составили 110.4 и 129.1 мм/сут, а абсолютные максимумы – 226.4 и 241.8 мм/сут соответственно (рис. 4). Такие экстремальные осадки отмечаются в период с мая по сентябрь, в редких случаях – в марте–апреле или октябре–ноябре.

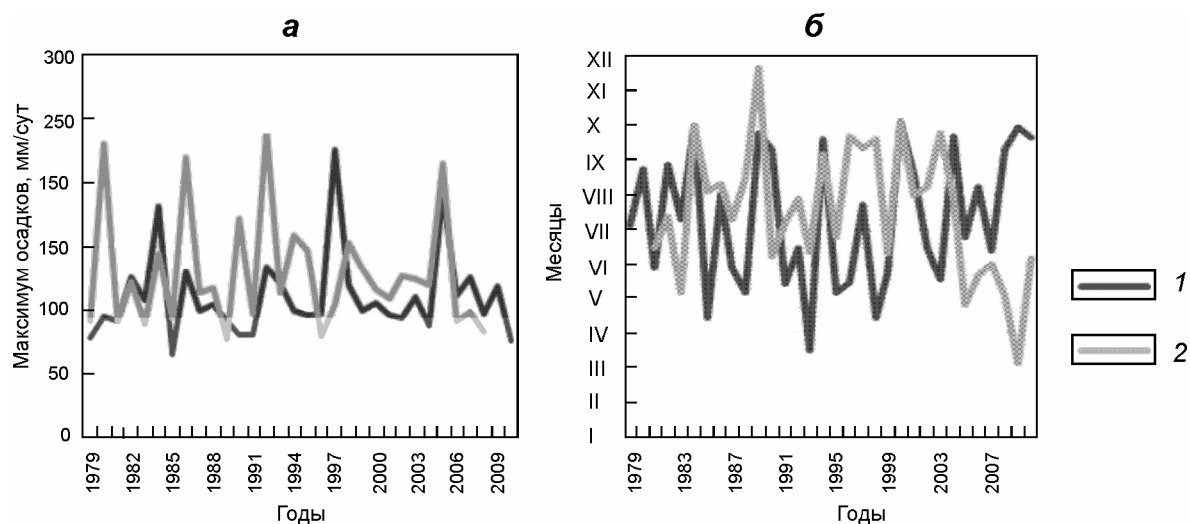


Рис. 4. Максимальные суточные значения осадков за каждый год наблюдений (а) и дни, в которые они были отмечены (б), по данным метеостанций Донг Соай (1) и Фьюк Лонг (2)

Температурный режим и осадки сухого сезона более изменчивы, чем влажного сезона. Например, стандартное отклонение суммы осадков января при общей сумме 8 мм составляет 16 мм (т.е. 200 %!), а сентября – 134 мм при сумме 442 мм (это всего 30 %).

Ветровой режим. На розу ветров на территории Парка сильно влияют местные особенности рельефа. Южная часть Кат Тьена открыта для ветров как северо-восточных, так и юго-западных направлений (летний и зимний муссоны).

Согласно розе ветров, построенной для станции Фьюк Лонг (рис. 5, а), зимний муссон (северо-восточный и восточный ветра) наиболее выражен в декабре и январе (повторяемость – около 70 %). В феврале уже появляется значимая доля ветров других направлений, причем всех понемногу (восточный и северо-восточный ветер – только 53%-ная повторяемость). В весенние месяцы повторяемость восточных и юго-восточных ветров составляет 40–48 %, а юго-западная компонента (которая в летние месяцы будет преобладать) возрастает с 18 до 23 %. Характерная особенность ветрового режима апреля и мая – повышенная повторяемость (20 и 19 % соответственно) юго-

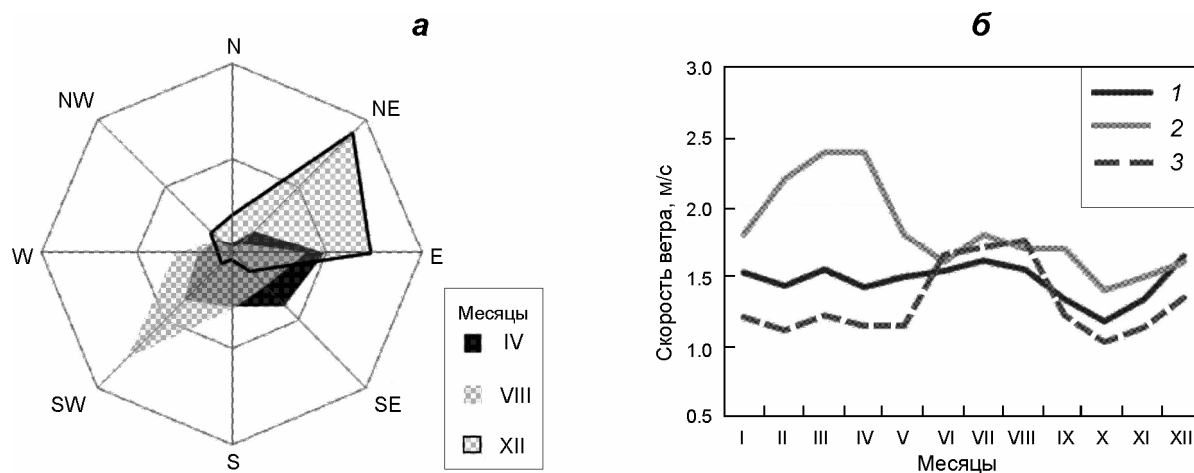


Рис. 5. Роза ветров для апреля, августа и декабря для метеостанции Фьюк Лонг (а) и годовой ход средней скорости ветра (б) для метеостанций Фьюк Лонг (1), Бьен Хоа (2) и Бао Лок (3)

восточных ветров, не относящихся ни к зимнему, ни к летнему муссону, как бы «переходных». Скорее всего, эти ветра и приносят с океана весенние тропические циклоны с обильными ливнями, которые часто дают толчок к началу повышенной активности живых организмов. Летний муссон наиболее выражен в ветровых характеристиках августа, в котором повторяемость ветров юго-западного сектора достигает 62 %. Однако значима также восточная компонента (в июне–сентябре – 23–25 %, только в августе – 18 %). По ветровым характеристикам октябрь – переходный месяц, но близкий уже к зимнему муссону: преобладают восточные ветра (повторяемость – 26 %), хотя все еще значимы юго-западные (весь юго-западный сектор – 35 %). Ноябрь по ветровым характеристикам похож на февраль: около 50 % ветров – восточного и северо-восточного направлений, остальные 50 % почти равномерно распределены по разным направлениям.

Среднемесячная скорость ветра на станциях Фьюк Лонг, Бьен Хоа и Бао Лок (ряд наблюдений за 1979–1999 гг.) не превышает 2.5 м/с (рис. 5, б). По ветровому режиму выделяется станция Бьен Хоа, на которой во второй половине сухого сезона (февраль–апрель) ветра заметно сильнее, чем на других станциях. В работе [Кузнецов, 2003] сообщается о шквальных ветрах, связанных с ливнями, в национальном парке Ма Да в мае. Национальный парк Ма Да и станция Бьен Хоа открыты для ветров с юго-востока, в то время как станция Фьюк Лонг защищена холмами; возможно, поэтому весенние юго-восточные ветра здесь намного слабее и ливневые осадки сопровождаются более слабыми ветрами. На всех станциях самые слабые ветра за год наблюдаются в ноябре.

Продолжительность солнечного сияния. Продолжительность дня на широте южной части Парка (около 11°30' с.ш.) изменяется от 11 ч 27 мин в декабре (самый короткий день) до 12 ч 47 мин в июне (самый долгий день). Фактическая продолжительность солнечного сияния (естественно, зависящая и от длины дня) косвенно отражает влияние облачности (рис. 6, а). В январе–феврале она составляет 77 % от максимально возможной, а в августе–сентябре только 40–41 %.

Влажность воздуха. Среднемесячная относительная влажность на станции Фьюк Лонг (рис. 6, б) колеблется от 70 (февраль) до 88 % (август–сентябрь), зафиксированные минимальные значения – 23–25 % (абсолютный минимум – 16 % в марте 1998 г.).

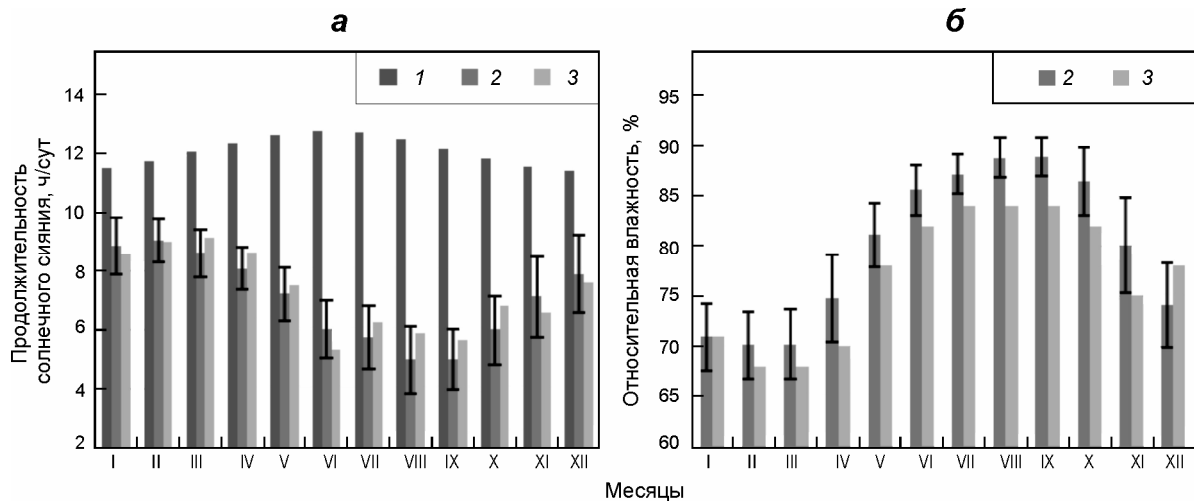


Рис. 6. Годовой ход максимально возможной (1) и фактической продолжительности солнечного сияния за день (а) и относительной влажности (б) на метеостанциях Фьюк Лонг (2) и Бьен Хоа (3)

Плоски погрешностей показывают стандартное отклонение среднемесячных данных

Современные изменения климата парка Кат Тьен

Для анализа современных изменений климата были взяты данные метеорологических станций Донг Соай и Фьюк Лонг (см. рис. 1, табл. 1) за приблизительно 30-летний период – 1979(1981)–2010 гг., в течение которого изменения температурного режима и осадков на двух станциях согласуются: статистически значимо увеличиваются суммы осадков сухого полугодия (ноябрь–апрель) и растет температура во все месяцы, кроме самых жарких – марта, апреля и мая (рис. 7, 8). (Под статистической значимостью здесь и далее мы будем подразумевать значимость тренда метеорологического параметра, оцененную по t -тесту (сравнение двух средних значений) после разбиения ряда с 1979 (1981) по 2010 г. на две части (для Донг Соай – сравнение средних значений за 1979–1994 и 1995–2010 гг.) при уровне значимости $\alpha = 0.05$ (если не указан иной). Критерий применим только для нормально распределенных величин; годовые и сезонные значения температуры и осадков и другие рассматриваемые параметры отвечают этому требованию.)

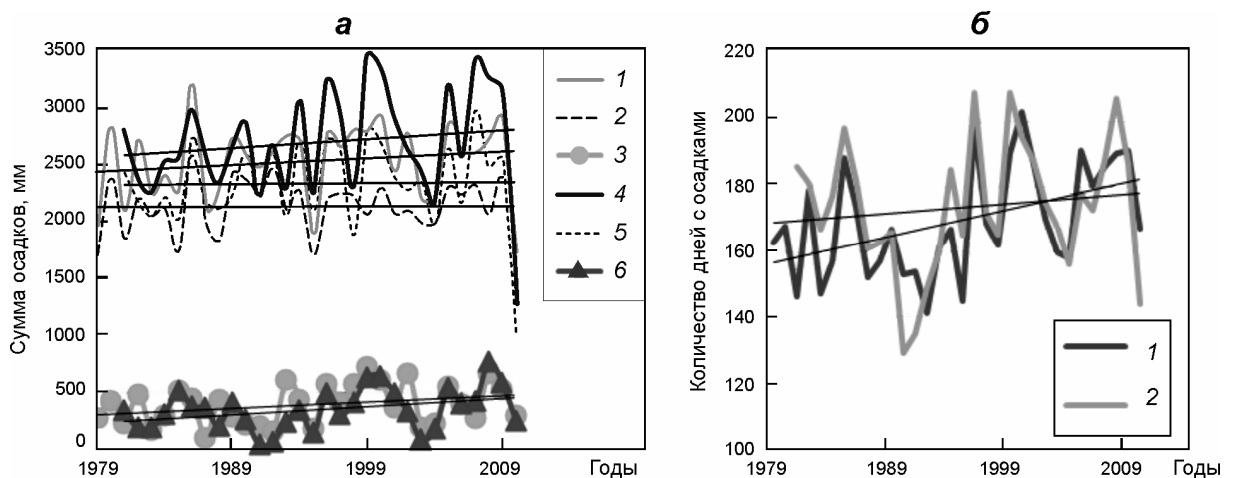


Рис. 7. Тренды изменения сумм осадков за год (1, 4), влажных (2, 5) и сухих (3, 6) полугодий (а) и суммарное количество дней с осадками в году (б) за годы наблюдений для метеостанций Донг Соай (а – 1–3; б – 1) и Фьюк Лонг (а – 4–6; б – 2)

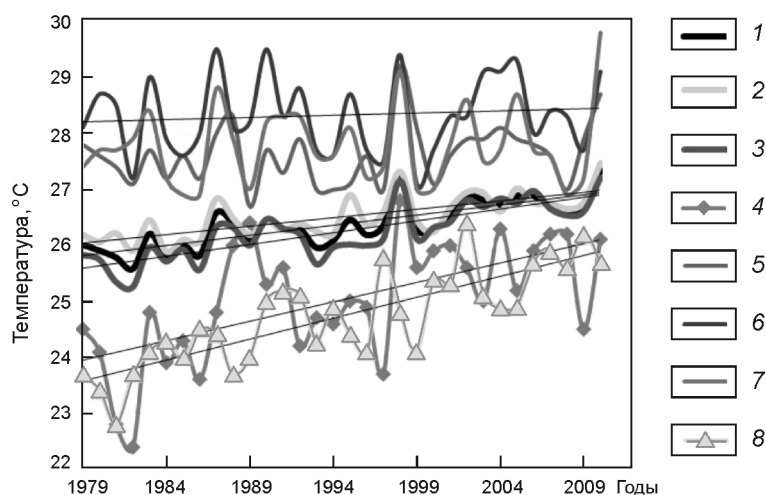


Рис. 8. Тренды изменения температуры: среднегодовой (1), влажного (2) и сухого (3) сезонов, весенних (5 – март; 6 – апрель; 7 – май) и зимних (4 – январь; 8 – декабрь) месяцев за годы наблюдений для метеостанции Донг Соай

За рассматриваемый период годовая сумма осадков увеличилась, но рост статистически пока незначим (прибавилось 150–250 мм за год при $\sigma = 460$ мм). Количество дней с осадками для станций Донг Соай и Фьюк Лонг возросло: в сухое полугодие – статистически значимо для обеих станций, а в целом за год – значимо только для станции Донг Соай.

По данным метеостанций Донг Соай и Фьюк Лонг не выявлено тренда смещения дат начала и окончания влажного сезона (рис. 9, а) и, следовательно, изменения продолжительностей сезонов. Уменьшилось суммарное количество дней (рис. 9, б), принадлежащих к сухим периодам продолжительностью более 10 дней (осадки в сухой сезон выпадают чаще и/или равномернее). Несмотря на это, длина самого продолжительного сухого периода в году осталась примерно постоянной (56–66 дней).

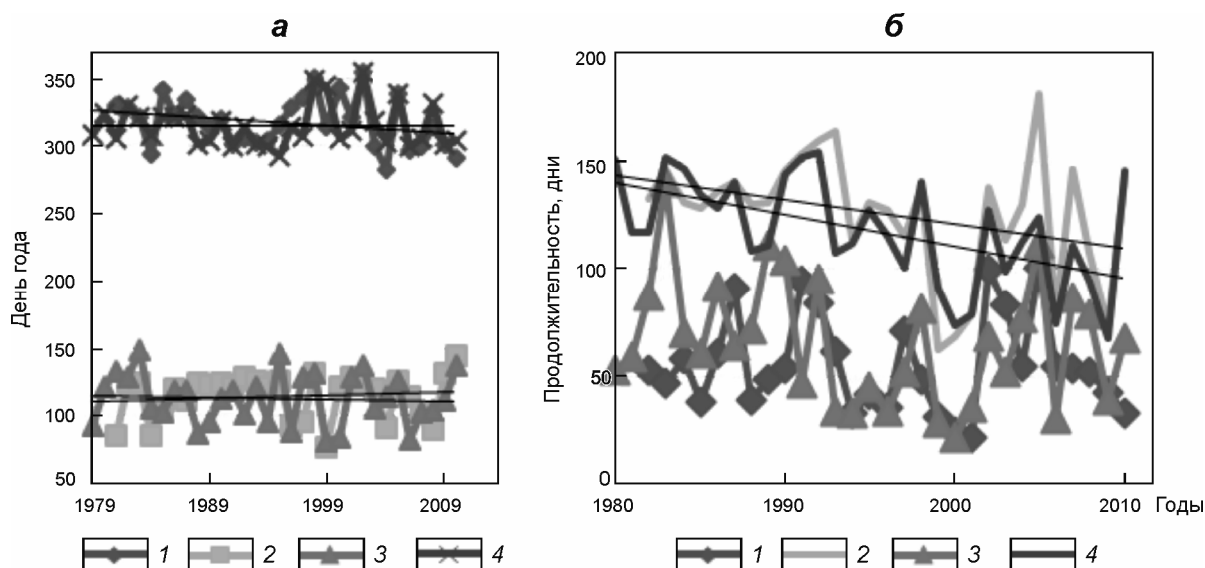


Рис. 9. Даты начала (1, 3) и конца (2, 4) влажного сезона (а), продолжительность самого длительного сухого периода сухого сезона (1, 3) и суммарное количество дней, входящих в сухие периоды продолжительностью более 10 дней (2, 4), (б) в разные годы для станций Донг Соай (3, 4) и Фьюк Лонг (1, 2)

За период 1979–2010 гг. на рассматриваемых станциях выявлен статистически значимый рост среднегодовой температуры – на 1.1–1.2 °С (при стандартном отклонении $\sigma = 0.4–0.7^\circ\text{C}$). Рост температуры происходит в основном за счет самых прохладных месяцев: января (на 1.8–2.2 °С при $\sigma = 1–1.1^\circ\text{C}$) и декабря (на 2.3–2.4 °С при $\sigma = 0.9^\circ\text{C}$). Снизилась вариация январской температуры. Среднемесячная температура самых жарких месяцев – марта, апреля и мая – практически не изменилась. Максимальная температура самых жарких месяцев даже немного (незначимо) снизилась (см. рис. 8), в то время как максимальная температура «прохладных» зимних месяцев повышается. Поэтому при отмечаемом общем потеплении не увеличилось количество дней с экстремально высокой температурой (за исключением особых случаев периодов явления Эль-Ниньо, что будет рассмотрено далее).

За 1981–2010 гг. на рассматриваемой территории резко повысились минимумы температуры: если в 1980-х годах температура в январе снижалась до 13–14 °С, то в 2000-е годы ниже отметки 15 °С температура не опускалась (рис. 10).

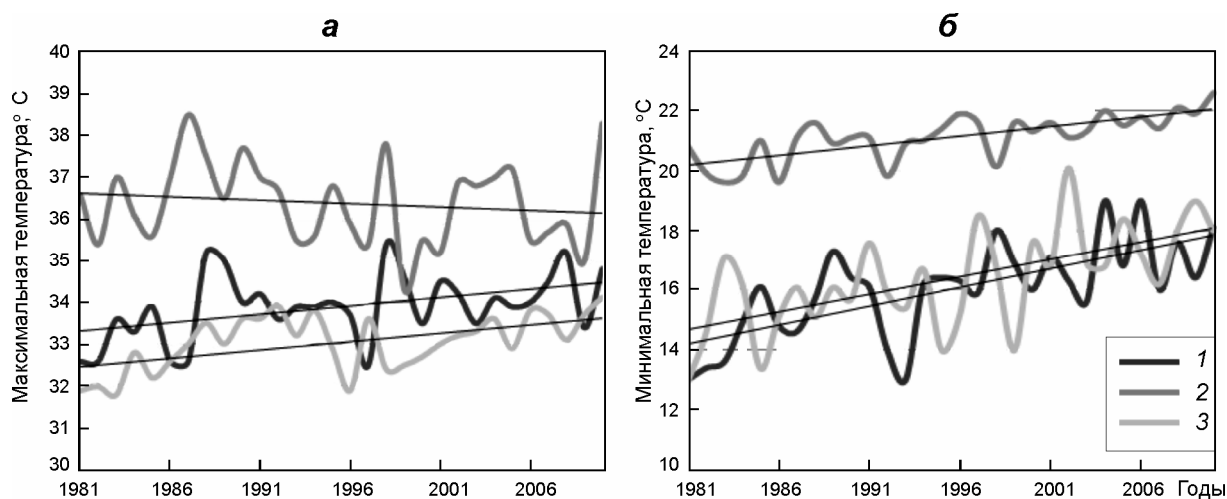


Рис. 10. Тренды изменения максимальной (а) и минимальной (б) зарегистрированных (мгновенных) температур января (1), апреля (2) и декабря (3) для метеостанции Фьюк Лонг

За период 1979–2010 гг. температура на севере Южного Вьетнама выросла на 1.1–1.2 °С, в то время как глобальная температура выросла за тот же период примерно на 0.5 °С. Известно, что наиболее сильно глобальное потепление проявляется в северных широтах. Столь большие изменения температуры в Южном Вьетнаме, как нам кажется, связаны с тем, что зимний муссон теперь приносит с севера более теплые и влажные воздушные массы, чем раньше, и они могут прогреваться сильнее. Мы полагаем, что зимний перенос воздуха вдоль восточного побережья Азии с севера на юг (наиболее масштабный в мире перенос воздуха из умеренных широт в тропические) «транслирует» сигнал потепления из северных широт в южные.

Итого по данным метеостанций Донг Соай и Фьюк Лонг значительно повышается температура всех месяцев, кроме самых жарких (март–май), и сумма осадков сухого сезона. Резко растет минимальная регистрируемая температура, но это изменение сглаживается увеличением сумм осадков. Экстремально жаркие весенние месяцы не стали еще жарче (за исключением лет с явлением Эль-Ниньо). Напротив, для территории Вьетнама в целом сообщалось [Granich et al., 1993] о росте температуры в период 1895–1980 гг. преимущественно в весенние месяцы, а для Северного и Центрального Вьет-

нама [Manton et al., 2001] – о снижении количества дождливых дней (дней с суммой осадков меньше 2 мм), увеличении экстремально сильных осадков (превышающих порог 99-го перцентиля) и увеличении числа жарких дней (превышающих порог 99-го перцентиля). Поэтому для более полного понимания структуры изменений климата в Парке и шире – в Южном Вьетнаме – требуется анализ метеорологических данных за более ранний период и для более обширной территории, а также воспроизведение изменений климата с помощью численных моделей.

В некоторых работах говорится о «саваннизации» Юго-Восточной Азии [International..., 2000]. Саваннизация – процесс перехода переменного-влажных полулистопадных тропических лесов в саванны, связанный со снижением среднегодовых сумм осадков и увеличением продолжительности сухого сезона. В климате тропических саванн (классификация Кеппена–Гейгера) при годовых суммах осадков 1500–2500 мм (как в Южном Вьетнаме) осадки сухого полугодия P_{dry} должны составлять менее 40 мм/6 мес. Современные значения P_{dry} в исследуемом регионе колеблются от 200 до 400 мм, причем анализ данных метеостанций Фьюк Лонг и Донг Соай показывает увеличение осадков, особенно в сухой сезон, и незначительные изменения продолжительности сухого сезона. Таким образом, климатические изменения в районе парка Кат Тьен не способствуют саваннизации, а напротив, постепенно «приближают» субэкваториальный климат к экваториальному, сглаживают различия сухого и влажного сезона как по температуре, так и по влажности. Структура климатических изменений такова, что при прогнозируемом возможном увеличении среднегодовой температуры на 1–2 °С в будущем столетии [Booth et al., 1999] температура декабря–января приблизится к температуре августа–сентября при, по-видимому, незначительных изменениях температуры самых жарких месяцев – марта, апреля и мая.

Выявленная структура изменений климата может повлечь определенные последствия для экосистемы муссонного полулистопадного леса. Если верна гипотеза, что оптимальной точкой для начала смены листьев в полулистопадном лесу служит снижение температуры в пологом леса до минимальной в декабре–январе [Кузнецов, 2003], то при потеплении может сдвигаться во времени и сокращаться период сбрасывания листьев и происходить снижение количества и видового разнообразия листопадных деревьев. Проверка данного предположения требует сопоставления фенологических наблюдений с метеорологическими за отдельные годы с различными условиями. Смена влажного и сухого сезона вызывает также смену мезо- и ксерофильных видов животных (см., например, описание закономерностей смены комплексов почвенных животных в работе [Аничкин, 2011]). Увеличение количества осадков в сухой сезон и, соответственно, влажности почвы может привести к увеличению активности мезофильных видов животных по сравнению с ксерофильными. Возможно проникновение на север «южных» видов растений и животных, распространение которых в настоящий момент сдерживается низкой температурой и малым количеством осадков в декабре–январе.

Повторяемость и интенсивность тайфунов на территории Южного Вьетнама и в районе парка Кат Тьен

Северо-запад субэкваториальной части Тихого океана – регион, продуцирующий максимальное количество тропических циклонов в год среди семи субэкваториальных регионов океанов (северная часть тропического Атлантического океана, северо-восточная, северо-западная и южная части тропиков Тихого океана, северная, северо-восточная и юго-западная части тропиков Индийского океана). В среднем в Североти-

хоокеанском тропическом регионе возникает около 30 тропических циклонов в год, из которых в Южно-Китайское море выходят 11–12, а 6–7 оказывают влияние на территорию Вьетнама. С тропическими циклонами связаны шквальные ветра, пики осадков и наводнения. Максимальная зафиксированная сумма осадков, связанная с тропическим циклоном во Вьетнаме, составила 1773 мм за 4 дня (метеостанция Лам Донг) – тайфун Пейпах (Peipah) [Turphoon..., 2007].

Чтобы узнать, какая часть осадков (в том числе экстремальных) в Парке связана с прохождением тропических циклонов, была составлена база данных о тропических циклонах, проходивших по Южно-Китайскому морю в 1981–2010 гг. не дальше 500 км от побережья Вьетнама. Выбор границ региона базировался на утверждении, что основные осадки тропического циклона выпадают в радиусе 400–500 км от центра [Yokoyama, Takayabu, 2008; Kubota, Wang, 2009]. Данные о траекториях тропических циклонов получены из ежегодных отчетов о тропических циклонах Объединенного центра по предупреждениям о тайфунах на о. Гуам, США [Архив..., 1981–2010]. Спутниковые снимки, служившие для уточнения принадлежности выпавших на метеорологических станциях осадков тому или иному тропическому циклону, получены из архива спутниковых снимков Тихого океана [Архив..., 1981–2010].

За 30 лет – с 1981 по 2010 г. – по территории Вьетнама южнее 15° с.ш. (провинция Бинь Динь (Binh Dinh)) и прилегающей акватории прошли 74 тропических циклона (2.5 циклона в год). Из них половина (35 циклонов) вышла на побережье Вьетнама. 2/3 вышедших на сушу циклонов сразу ослабли в связи с тем, что для существования тропического циклона необходима очень теплая (28 °С и более) и влажная поверхность. Поскольку территория Парка находится на некотором расстоянии (около 100 км) от побережья и защищена с северо-востока и востока отрогами Центрального нагорья с высотами более 800 м, возможность выхода тропического циклона к Парку зависит от траектории циклона. Наиболее распространенные траектории тропических депрессий и штормов в районе Южного Вьетнама в 1981–2010 гг. можно разделить на четыре группы:

- 1) движение по Южно-Китайскому морю восточнее территории Вьетнама преимущественно с востока на запад без выхода на сушу (28 циклонов);
- 2) аналогично группе 1, но с выходом на сушу на побережье провинций Центрального нагорья (26 циклонов, из них 8 пересекли Вьетнам и ушли в Камбоджу);
- 3) аналогично группе 2, но с выходом на сушу на побережье провинций на севере равнинной части Южного Вьетнама (10 циклонов, из них три пересекли Вьетнам и ушли в Камбоджу);
- 4) движение с востока на запад по морю юго-восточнее и южнее территории Вьетнама (10 циклонов, из них два задели самый юг побережья Вьетнама).

На станциях Донг Соай и Фьюк Лонг только 30 циклонов из 74 рассмотренных дали осадки одновременно больше 5 мм/сут; а максимальные суммы осадков были зафиксированы во время прохождения тайфунов Чип (Chip) 14.11.1998 г. (82.0 и 64.7 мм/сут на станциях Донг Соай и Фьюк Лонг соответственно) и Висенте (Vicente) 16.09.2005 г. (75.3 и 85.9 мм/сут соответственно). Еще четыре тропических циклона дали хотя бы на одной из станций осадки больше 50 мм/сут – это Анжела (Angela) 24.10.1992 г., Тереза (Teresa) 26.10.1994 г., тропические депрессии TS 05W 15.05.2004 г. и Ts 0803 4.08.2007 г. Тайфун Паркхар (Parkhar) (01.04.2012 г.), прошедший по территории провинции Донг Най, дал сумму осадков в Парке, по данным измерительного комплекса микрометеорологических наблюдений, 85.8 мм/сут. Если брать в расчет только тропические циклоны, приведшие к выпадению более 5 мм/сут осадков одновременно на двух станциях (тропические циклоны, значимый сигнал которых был зафиксирован метеорологическими станциями), среднее количество осадков, выпадавшее в результате

прохождения тропического циклона в Южном Вьетнаме, составило около 30 ± 20 мм/сут. Половину этих циклонов составили циклоны группы 2, еще по 25 % – циклоны групп 1 и 3 соответственно. Из южных циклонов (группа 4) осадки в районе Парка принес только тайфун Гиль (Gil) 13.12.1998 г. 2/3 тропических циклонов формировались в период с ноября по декабрь.

Сравнение максимальных сумм осадков в Парке (см. рис. 4, а) с максимальными суммами осадков в результате прохождения тропических циклонов показало, что наиболее сильные дожди в районе Парка случались не в связи с тайфунами, а вследствие прохождения насыщенных влагой воздушных масс с Индийского океана во время сезона дождей. Вероятно, общий подъем местности на северо-восток усиливает орографические осадки в воздушных массах, приходящих с юго-запада (тайфуны на территорию Южного Вьетнама приходят не с юго-запада).

Влияние явления Эль-Ниньо–Южное колебание на климат Южного Вьетнама и парка Кат Тьен

Явление Эль-Ниньо влияет на климат Вьетнама и других стран Юго-Восточной Азии преимущественно потому, что в период его действия и действия его противоположной фазы Ла-Нинья фиксируются значительные разнонаправленные аномалии температуры и осадков в регионе [The impact..., 2000; Ninh et al., 2001]. Во Вьетнаме с Эль-Ниньо связаны засухи и жара, с Ла-Нинья – сильные осадки и, следовательно, наводнения. Важность прогноза Эль-Ниньо и связанных с ним изменений метеоусловий была в полной мере осознана правительством страны после засух 1997–1998 гг., общий экономический ущерб от которых составил 5 трлн вьетнамских донгов [Ninh et al., 2001] или, по курсу на декабрь 1998 г., 360 млн долл.

Явление Эль-Ниньо–Южное колебание – это масштабное, занимающее всю экваториальную часть Тихого океана колебание метеорологических и океанологических параметров (важнейший – температура поверхностного слоя воды), происходящее с периодичностью в среднем 3–7 лет и продолжающееся 12–18 мес. [Cobb et al., 2003; McPhadden, 2002; Wang et al., 2000]. Эль-Ниньо динамически связано с Южным колебанием – флуктуацией разницы в атмосферном давлении между западной (регион Юго-Восточная Азия и Австралия) и восточной частями Тихого океана. Название «Эль-Ниньо» (с испанского El Niño – «малыш», «мальчик») явлению периодического потепления океанических вод у берегов Перу, которое резко снижает улов рыбы, дали рыбаки Южной Америки, поскольку наиболее сильно оно проявляется в преддверии католического Рождества. Противоположная фаза – Ла-Нинья («девочка»). Явление Эль-Ниньо–Южное колебание (включающее обе фазы) оказывает значимое влияние на погоду по всему земному шару и ярко проявляется в Юго-Восточной Азии.

Обычно в экваториальной части Тихого океана преобладают восточные пассаты (в Северном полушарии они дуют с северо-востока на юго-запад, из тропиков к экватору). Восточные ветра сгоняют нагретые приповерхностные слои океанической воды из центральных областей Тихого океана к Азиатскому побережью. Над теплой водой формируются теплые влажные воздушные массы и связанные с ними области пониженного атмосферного давления и осадки. А у побережий Южной Америки холодные глубинные воды, поднявшиеся к поверхности океана, перемещаются с юга на север и в районе экватора начинают двигаться с востока на запад, постепенно прогреваясь.

В фазе Эль-Ниньо же восточные пассаты прекращают дуть или даже сменяются на западные ветра, области повышенной температуры поверхности океана сдвигаются к востоку (к Центральной Америке), на территории Юго-Восточной Азии повышается

атмосферное давление, резко снижается количество осадков и повышается температура. У берегов Южной Америки вместо обычного поднятия из глубин холодных богатых питательными веществами вод (апвеллинг) образуются области вод с повышенной температурой, поэтому в разы сокращается улов рыбы, что наносит ущерб экономике Чили, так как рыба составляет большую статью экспорта.

Яркий пример негативного влияния Эль-Ниньо – его проявление в 1997–1998 гг., когда в Индонезии выгорело 8–9 млн га тропических лесов [International..., 2000], что повлекло ущерб в 10 млрд долл. США, в результате авиационных катастроф и катастроф на море погибли 250 человек, а дым от пожаров в той или иной степени отрицательно повлиял на 40 млн жителей Юго-Восточной Азии (кратко- и долговременное влияние на здоровье, рост смертности). Такие масштабные пожары в тропиках несут угрозу и биоразнообразию, поскольку эндемичные популяции (особенно на островах) могут не пережить подобный стресс.

Явление Эль-Ниньо, как правило, начинается в мае–сентябре и захватывает часть влажного сезона и наступающий сухой сезон, продолжаясь до февраля–апреля и достигая наибольшего развития в ноябре–феврале. После Эль-Ниньо, как правило, через несколько «нейтральных» месяцев наступает фаза Ла-Нинья, причем чем интенсивнее Эль-Ниньо, тем интенсивнее обычно и Ла-Нинья. Влияние Эль-Ниньо на среднемесячные и сезонные значения температуры и осадков в районе Кат Тьена иллюстрируется рис. 11. Для оценки используется индекс Niño = 3.4 – аномалии температуры поверхности Тихого океана, осредненные по территории 5° с.ш.–5° ю.ш. и 120°–170° з.д. от базового периода 1971–2000 гг. Явлением Эль-Ниньо/Ла-Нинья считается повышение модуля индекса $\geq 0.5^\circ$ за 5 и больше последовательных месяцев подряд.

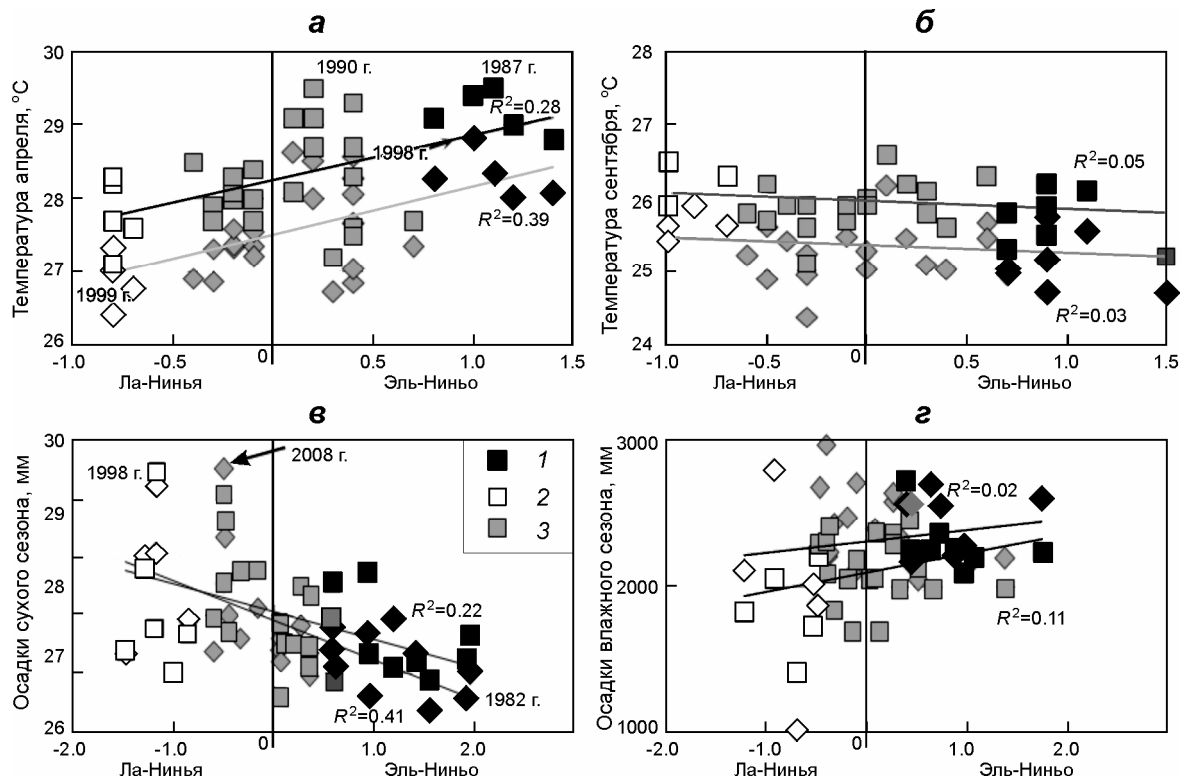


Рис. 11. Влияние явлений Эль-Ниньо (1) и Ла-Нинья (2) на температуру апреля (а) и сентября (б) и сумму осадков сухого (в) и влажного (г) сезонов, зафиксированные на станциях Донг Соай (квадраты) и Фьюк Лонг (ромбы). Каждая точка соответствует условиям конкретного года. 3 – годы без Эль-Ниньо/Ла-Нинья; указаны величины достоверности аппроксимации линейным трендом (R^2). Индекс Niño = 3.4

В районе Кат Тьена на явление Эль-Ниньо реагируют параметры сухого сезона, в то время как параметры влажного сезона практически не изменяются. В годы с Эль-Ниньо значительно повышается температура (особенно апреля) и снижаются осадки сухого полугодия. Иногда в годы Эль-Ниньо в сухое полугодие снижение осадков очень существенно – например, на станциях Донг Соай и Фьюк Лонг с декабря 1982 г. по март 1983 г. включительно выпало соответственно 3.6 и 7.5 мм осадков, а с декабря 1997 г. по март 1998 г. включительно – 16.9 и 14.8 мм осадков, в то время как среднее значение за этот период составляет 110.0 и 116.3 мм. Зима 1982–1983 гг. оказалась рекордной и по продолжительности сухого периода – 141 день (более 4.5 мес.).

Во время Эль-Ниньо средняя температура месяцев сухого полугодия увеличивается в среднем на 0.7 °С, а в годы его сильного проявления (1982–1983 и 1997–1998 гг.) увеличение среднемесячной температуры декабря–апреля составляет 2–4 °С. Важно, что самый жаркий месяц – апрель – становится еще жарче, чем обычно (на 0.9 °С относительно нормы и на 1.3 °С относительно лет с Ла-Нинья), и этот эффект значим статистически. Если средняя температура апрелей в фазу Эль-Ниньо составляет 28.3–29 °С, то в фазу Ла-Нинья – только 27.1–27.9 °С. Температура во все апрели с Эль-Ниньо на станции Фьюк Лонг была выше 28.0 °С (климатическая норма – 27.6 °С), а на станции Донг Соай – выше 28.5 °С (климатическая норма – 28.3 °С). В апреле 1998 г. среднесуточная температура на обеих станциях достигала 30 °С. Наши выводы согласуются с литературными данными (рис. 12).

Ла-Нинья оказывает меньшее влияние на метеорологические параметры парка Кат Тьен, чем Эль-Ниньо. Во время Ла-Нинья немного увеличиваются осадки сухого сезона и снижается температура самых жарких месяцев (в пределах одного стандартного отклонения).

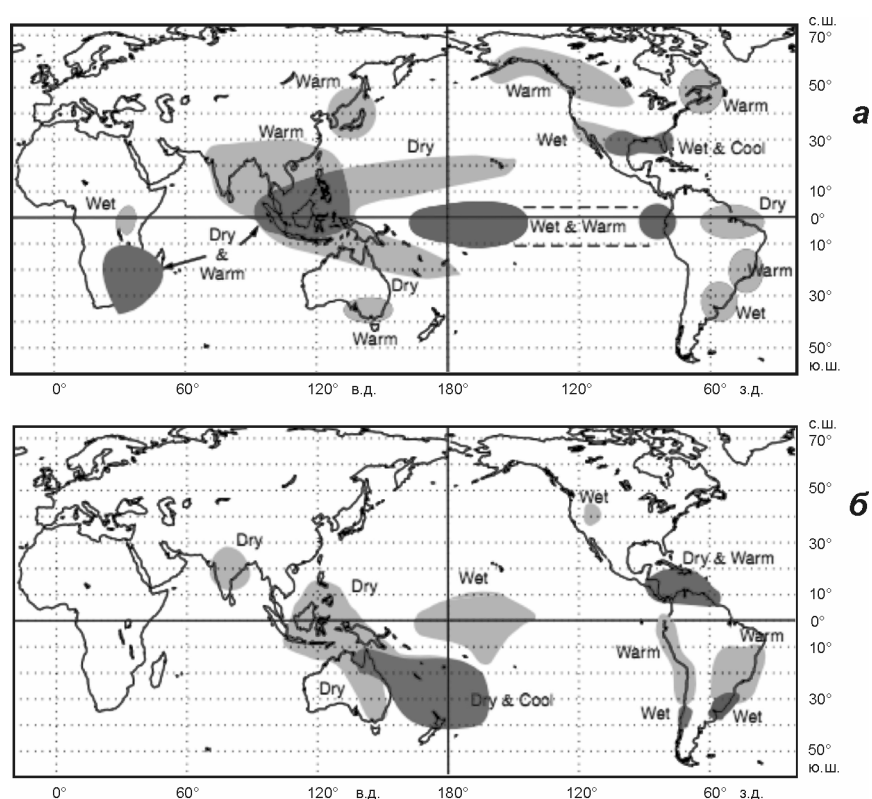


Рис. 12. Изменения погодных характеристик на земном шаре в декабре–феврале (а) и июне–августе (б) во время явления Эль-Ниньо (по [McPhadden, 2007])

Таким образом, во время явления Эль-Ниньо в Южном Вьетнаме существенно изменяются параметры сухого сезона: одновременно становится меньше осадков и повышается температура воздуха, особенно самого жаркого месяца – апреля. Эти изменения создают угрозу лесных пожаров. Пожары названы одной из самых значимых угроз лесам Кат Тьена [The nomination..., 2011].

Существуют методы прогноза появления Эль-Ниньо (в частности, Эль-Ниньо 1998 г. было предсказано многими моделями). После начала явления становится возможным предсказать его максимальную интенсивность (но ее сложно предсказать, когда явление еще не началось). Учитывая прогноз на несколько месяцев вперед, можно заранее (еще во время влажного сезона, на параметры которого в Южном Вьетнаме уже начавшееся Эль-Ниньо практически не влияет) принять меры для предотвращения возникновения лесных пожаров. В Кат Тьене наиболее опасные месяцы по вероятности возникновения пожаров – март–апрель сильного Эль-Ниньо. Естественно, что вероятность пожаров также зависит от количества накопленной в почве влаги и колебаний сумм осадков за предыдущие месяцы и в текущий месяц. Подчеркнем, что средняя апрельская температура и максимальная апрельская температура не повышались за последние 30 лет, однако во время Эль-Ниньо каждый раз происходил их рост до значений, приближающихся к абсолютным среднесуточным максимумам.

Есть различные точки зрения на возможные изменения Эль-Ниньо–Южное колебание в связи с глобальным потеплением [Boer et al., 2004; Cane, 2005; Oldenborgh Van et al., 2005]. Многие модели прогнозируют постоянную повышенную температуру в тропической части Тихого океана – ситуацию, похожую на Эль-Ниньо; некоторые модели дают увеличение интенсивности и частоты Эль-Ниньо. В любом случае это явление оказывает существенное влияние на климат Южного Вьетнама в целом и территории парка Кат Тьен в частности и несет опасность лесных пожаров и недостатка водных ресурсов. Поэтому чрезвычайно важно развивать прогнозирование и учитывать последствия Эль-Ниньо при планировании деятельности по охране лесов.

Заключение

При исследованиях состояния локальных экосистем (таких как экосистема небольшого национального парка) и их компонентов (видов и сообществ растений и животных) требуется знание о локальном климате территории (средних долготных значениях метеорологических параметров, «норме» состояния атмосферы). Для диагноза локального климата и его изменений необходимы верификация и обобщение данных долгосрочных (20–30 лет) метеорологических наблюдений на метеостанциях в районе проведения экосистемных исследований с контролем качества этих данных. Желательно сравнивать данные нескольких метеорологических станций, расположенных со стороны преобладающих направлений ветра, чтобы выявить изменения метеорологических условий по высотам и положению в мезорельефе.

На основе сравнения метеорологических данных отбирается наиболее репрезентативная для исследуемой местности метеорологическая станция либо осредняются данные нескольких станций. Экстремальные значения «локальных» метеорологических переменных, таких как осадки, радиус автокорреляции которых составляет меньше 20–50 км (т.е. из двух соседних метеорологических станций на одной могут выпасть сильные ливневые осадки, в то время как на другой не выпадет ничего), должны быть оценены по возможно большему количеству станций в районе исследований.

При использовании метеорологических данных в исследованиях экосистем особенно важно оценить, какие метеорологические условия могут быть экстремальными и провоцировать стресс экосистем, и выявить характерные времена года и особенности возникновения экстремальных условий. Привязка трендов средних и экстремальных значений метеорологических параметров к более масштабным по времени и пространству колебаниям (таким как Североатлантическое колебание, Эль-Ниньо–Южное колебание и др.) и трендам (таким как современное глобальное потепление климата) позволит прогнозировать как долгосрочные, так и среднесрочные изменения в метеорологическом фоне, определяющем жизнедеятельность экосистем.

Согласно вышеописанной методике, обобщены климатические характеристики равнинной территории национального парка Кат Тьен (11°26' с.ш., 107°24' в.д.) в Южном Вьетнаме. Субэкваториальный муссонный (по классификации Б.П. Алисова) климат национального парка характеризуется двумя выраженными сезонами: влажным, или сезоном дождей (с мая по октябрь), и сухим (с ноября по апрель). По данным выбранных для оценки климата метеорологических станций Донг Соай и Фьюк Лонг, годовой ход температур слабо выражен, среднемесячная температура варьирует от 24(25) °С (январь) до 28 °С (апрель). Сумма осадков в месяцы влажного сезона – до 440 мм/мес, сухого – от 10–15 мм/мес. Так как годовая амплитуда температур укладывается в рамки сухого сезона, предлагается для применения в исследованиях экосистем выделять не два сезона, а три реперных месяца, различающихся соотношением режима температур и осадков: апрель (жарко+сухо), сентябрь (тепло+влажно) и декабрь (тепло+сухо). Предложены критерии начала и окончания сухого и влажного сезонов с точностью до одного дня по параметру выпавших осадков. К примеру, начало влажного сезона по предложенному критерию наступает при одновременном выполнении двух условий: 1) выпадения после 1 марта ≥ 15 мм осадков за 5 дней и 2) отсутствия недели (до конца мая), в которую выпадет < 2 мм осадков (ограничение «ложного» начала летнего муссона). По вышеозначенным критериям начало влажного сезона в парке Кат Тьен в среднем происходит 23–25 апреля, а окончание – 11–13 ноября. Для характеристики сухих периодов, которые могут негативно сказываться на состоянии экосистемы переменного-влажных тропических лесов и ее отдельных компонентов, оценены средняя и максимальная продолжительность сухих периодов в году и возможность перебоев муссона (засух) летом. Средняя продолжительность самого длительного в году сухого периода (меньше 2 мм осадков за скользящую пятидневку) составляет 56–66 дней, максимального – 141 день. Возможность перебоев в летнем муссоне по имеющимся данным оценена как минимальная: единичные наиболее длительные сухие периоды в сезон дождей составляли не более 9–12 дней. Максимальные суточные суммы осадков в районе парка Кат Тьен составили 220–240 мм/сут.

За 30 лет – с 1979(1981) по 2010 г. – выявлено статистически значимое по *t*-тесту увеличение среднегодовой температуры на метеорологических станциях в районе Парка – на 1.1–1.2 °С по линейному тренду (при стандартном отклонении $\sigma = 0.4–0.7$ °С); при годовой амплитуде температуры 4 °С рост на 1 °С – это значительное для тропической природы изменение. Тропические экосистемы в процессе эволюции адаптировались к очень узкому диапазону условий [Ричардс, 1961], поэтому изменения климата низких широт могут вызвать более сильные реакции экосистем в тропиках, чем в высоких широтах, хотя абсолютный рост температуры в бореальных экосистемах при глобальном потеплении происходит быстрее [МГЭИК, 2007]. Большой рост среднегодовой температуры в тропиках Южного Вьетнама (1.1 °С), чем в среднем по Земле за тот же

период ($0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$), мы связываем с тем, что в зимние месяцы азиатский муссон (наиболее интенсивный в мире меридиональный перенос воздуха) приносит с севера, из умеренных широт, значительно более теплые, чем раньше, воздушные массы. Это видно, в частности, из структуры потепления в Южном Вьетнаме. Чем прохладнее месяц, тем сильнее растут его средняя и минимальная температуры: в январе и декабре рост среднемесячной температуры составил около $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ при $\sigma = 1^{\circ}\text{C}$. Температурно-влажностные характеристики сезона дождей значимо не изменяются. Не выявлено роста средней и средней максимальной температур самых жарких месяцев – марта, апреля и мая, поэтому при явном тренде потепления не происходит повышения экстремально высоких температур. Увеличивается количество дней с осадками и суммарное количество осадков сухого сезона, что сглаживает повышение температуры. Климатические тренды не направлены в сторону саваннизации территории (для этого требуется снижение суммы осадков сухого сезона и увеличение его продолжительности), что предполагается в некоторых источниках [International..., 2000], поскольку не изменяются ни длительность, ни интенсивность самых продолжительных засушливых периодов сухого сезона.

Увеличение температуры самых прохладных месяцев года и увеличение суммы осадков в сухой сезон может повлечь изменения в фенологии, а также видовом составе растительного и животного мира парка Кат Тьен. Возможно сокращение периода, на который деревья сбрасывают листья, и уменьшение количества деревьев, сбрасывающих листья; увеличение активности мезофильных видов животных по сравнению с ксерофильными; проникновение более южных видов на север. Проверка данных предположений требует дополнительных исследований, в частности сопоставления фенологических и метеорологических наблюдений за длительные периоды.

Была проведена оценка вклада тайфунов в сумму осадков в районе Парка во время их прохождения вблизи побережья Южного Вьетнама. Оказалось, что максимальные суточные суммы осадков, зафиксированные на двух метеорологических станциях, расположенных вблизи Парка, были связаны не с тайфунами, приходящими в основном с востока, а с проникновением жарких и насыщенных влагой воздушных масс с юго-запада во время сезона дождей. По-видимому, слабое воздействие тайфунов на район национального парка связано с его удаленностью от моря и наличием горных хребтов на востоке и северо-востоке, снижающих влияние основной массы тайфунов, выходящих на Центральный Вьетнам. Однако максимумы осадков чрезвычайно варьируют в зависимости от места, и для более уверенного вывода требуется анализ данных других метеорологических станций (особенно расположенных к востоку от Парка).

Происходящее в тропических широтах Тихого океана с периодом 3–7 лет и максимальным развитием в декабре–январе явление Эль-Ниньо–Южное колебание посредством дальних атмосферных связей значимо воздействует на параметры сухого сезона в Южном Вьетнаме. Параметры влажного сезона практически не изменяются. В годы с Эль-Ниньо в среднем на $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ повышаются температура сухого полугодия, повышение температуры самого жаркого месяца (апреля) составляет $0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ относительно нормы, а в сильные Эль-Ниньо – $2\text{--}3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (повторим, это очень большая величина, учитывая, что среднеквадратическое отклонение температуры по месяцам сухого сезона составляет $0.5\text{--}1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$). В годы с Эль-Ниньо осадки сухого полугодия снижаются до 60–70 % от нормы, а в сильные Эль-Ниньо 1982–1983 и 1997–1998 гг. сумма осадков с декабря по март составила соответственно всего около 5 и 15 мм за 4 мес. (в 1982–1983 гг. период без дождей продолжался 4.5 мес.). Противоположная Эль-Ниньо фаза колебания – Ла-Нинья – оказывает более слабый и размытый обратный эффект на параметры сухого

сезона: количество осадков увеличивается, а средняя температура снижается в пределах одного среднеквадратического отклонения. Таким образом, в годы Эль-Ниньо в Южном Вьетнаме одновременное снижение количества осадков и увеличение температуры сухого сезона, особенно самых жарких месяцев, создает засушливые условия, повышая вероятность возникновения лесных пожаров и размножения вредителей. Создаваемые в настоящее время сезонные прогнозы Эль-Ниньо (с августа–сентября, после начала Эль-Ниньо, на будущий сухой сезон) позволяют предсказать стрессовые для экосистемы условия и заранее (во второй половине влажного сезона) подготовить ресурсы для борьбы с негативным воздействием засух на природные, а также на аграрные экосистемы.

Полученные результаты могут быть использованы при исследованиях основных функций экосистем и их компонентов в изменяющихся условиях окружающей среды, а также прогнозирования вероятности лесных пожаров в Южном Вьетнаме.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству и сотрудникам Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра за возможность работы во Вьетнаме и поддержку при исследованиях муссонных тропических лесов национального парка Кат Тьен.

Литература

- Аничкин А.Е.* Структура и функциональная роль животного населения почв муссонного тропического леса Вьетнама: Дис. ... канд. биол. наук. М., 2008.
- Аничкин А.Е.* Животное население почв: структура и сезонная динамика // Структура и функции почвенного населения тропического муссонного леса (национальный парк Кат Тьен, Южный Вьетнам) / Под общ. ред. А.В. Тиунова. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2011. С. 44–76.
- Архив спутниковых снимков Тихого океана 1981–2010 гг. / Global International Satellite Cloud Climatology Project B1 Browse System (GIBBS), National Climatic Data Center (NCDC), The National Environmental Satellite, Data and Information Service (NESDIS), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Режим доступа: <http://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/html/GMS-3/IR/1988-11-06-21>
- Керженцев А.С.* Функциональная экология / Отв. ред. Э.Г. Коломыц. М.: Наука, 2006. 259 с.
- Кузнецов А.Н.* Тропический диптерокарповый лес. М.: ГЕОС, 2003. 140 с.
- Кузнецов А.Н., Кузнецова С.П.* Лесная растительность: видовой состав и структура древостоев // Структура и функции почвенного населения тропического муссонного леса (национальный парк Кат Тьен, Южный Вьетнам) / Под общ. ред. А.В. Тиунова. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2011. С. 16–43.
- Лосицкий К.Б., Чуенков В.С.* Эталонные леса. 2-е изд. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 192 с.
- МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Р.К. Пачаури, А. Райзингер и др. Женева: МГЭИК, 2007. 204 с.
- Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
- Прогноз Эль-Ниньо / National Ocean Atmospheric Administration (NOAA), USA. Режим доступа: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.html

- Программа и методика биогеоценологических исследований / Отв. ред. Н.В. Дылис. М.: Наука, 1974. 404 с.
- Ричардс П.У.* Тропический дождевой лес. М.: Иностран. лит., 1961. 447 с.
- Структура и функции почвенного населения тропического муссонного леса (национальный парк Кат Тьен, Южный Вьетнам) / Под общ. ред. А.В. Тиунова. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2011. 280 с.
- Сукачев В.Н.* Идея развития в фитоценологии // Сов. ботаника. 1942. № 1–3. С. 5–17.
- Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961.
- Хромов С.П., Петросяну М.А.* Метеорология и климатология: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 2001. 528 с.
- Annual tropical cyclone report. Guam: Joint Typhoon Warning Center, 1981–2010. Режим доступа: <http://www.usno.navy.mil/JTWC/annual-tropical-cyclone-reports>
- Biosphere reserves: the Seville strategy and the statutory framework of the world network. Paris: UNESCO, 1996. Режим доступа: <http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001038/103849eb.pdf>
- Blanc L., Maury-Lechon G., Pascal J.-P.* Structure, floristic composition and natural regeneration in the forests of Cat Tien National Park, Vietnam: An analysis of the successional trends // J. of Biogeography. 2000. V. 27. P. 141–157.
- Boer G.J., Yu B., Kim S.-J., Flato G.M.* Is there observational support for an El Niño like pattern of future global warming? // Geoph. Res. Lett. 2004. V. 31. L06201. Режим доступа: http://www.cccma.ec.gc.ca/papers/gboer/PDF/Obs_ElNino.pdf
- Booth T.H., Nghia Nguyen Hoang, Kirschbaum M.U.F., Hackett C., Jovanovic T.* Assessing possible impacts of climate change on species important for forestry in Vietnam // Climatic Change. 1999. V. 41, N 1. P. 109–126. Режим доступа: http://download.springer.com/static/pdf/826/art%253A10.1023%252FA%253A1005401200774.pdf?auth66=1351720292_a9c0057b29927163aa4e4e5d8ebe16e8&ext=.pdf
- Camargo S.J., Sobel A.H.* Western North Pacific tropical cyclone intensity and ENSO // J. of Climate. 2004. N 18. P. 2996–3006. Режим доступа: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/JCLI3457.1>
- Cane M.A.* The evolution of El Niño: Past and future // Earth and Planet. Sci. Lett. 2005. N 230. P. 227–240. Режим доступа: <http://www.seas.harvard.edu/climate/pdf/cane-2005.pdf>
- Casa de la A.* Onset of the rainy season in the province of Cordoba (Argentina) determined by rainfall records and by evaluation of its agricultural risk condition // Chil. J. Agricult. Res. October–December 2009. N 69, V. 4. P. 567–576. Режим доступа: <http://www.scielo.cl/pdf/chiljar/v69n4/AT12.pdf>
- Cat Tien Biosphere Reserve (CTBR): Annual report in 2010. Dong Nai, Vietnam, 2010.
- Clark D.A.* Sources or sinks? The responses of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition // Phil. Trans. Roy. Soc. B. 2004. N 359. P. 477–491.
- Cobb K.M., Charles C.D., Cheng H., Edwards R.L.* El Niño–Southern oscillation and tropical Pacific climate during the last millennium // Nature. 2003. N 424. P. 271–276.
- Granich S., Kelly M., Nguyen Huu Ninh* (eds). Global warming and Vietnam: A briefing document. 1993. Режим доступа: <http://www.tiemposcyberclimate.org/portal/archive/vietnam/index.htm>
- Huete A.R., Didan K., Shimabukuro Y.E., Ratana P., Saleska S.R., Hutyra L.R., Yang W., Nemani R.R., Myneni R.* Amazon rainforests green-up with sunlight in dry season // Geoph. Res. Lett. 2006. V. 33. L06405. Режим доступа: http://ecocast.arc.nasa.gov/pubs/pdfs/2006/Huete_GRL_2006.pdf
- International Forest Fire News / FAO. Dec. 2000. N 23.
- Kiguchi M., Matsumoto J.* The rainfall phenomena during the pre-monsoon period over the Indochina peninsula in the GAME-IOP year // J. Meteor. Soc. 2005. N 83. P. 89–106. Режим доступа: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/83/1/83_1_89/_pdf

- Kubota H., Wang B.* How much do tropical cyclones affect seasonal and interannual rainfall variability over the Western North Pacific? // *J. Climate*. 2009. N 22. P. 5495–5510. Режим доступа: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2009JCLI2646.1>
- Manton M.J., Della-Marta P.M., Haylock M.R., Hennessy K.J., Nicholls N., Chambers L.E., Collins D.A., Daw G., Finet A., Gunawan D., Inape K., Isobe H., Kestin T.S., Lefale P., Levu C.H., Lwin T., Maitrepierre L., Ouprasitwong N., Page C.M., Pahalad J., Plummer N., Salinger M.J., Suppiah R., Tran V.L., Trewin B., Tibig I., Yee D.* Trend in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961–1998 // *Intern. J. Climatol.* 2001. V. 21. P. 269–284. Режим доступа: http://www.vsamp.com/resume/publications/Manton_et_al.pdf
- McKnight T.L., Hess D.* Climate zones and types: Physical geography // A landscape appreciation. Upper River, NJ: Prentice Hall, 2000.
- McPhadden M.* El Niño and La Nina: Causes and global consequences // *Encyclopedia of global environmental change* / Ed. by M.C. MacCracken and J.S. Perry. 2002. P. 353–370. Режим доступа: <http://www.astro.ulg.ac.be/~mouchet/OCEA0033-1/EINinoLaNina.pdf>
- Minimum population size, genetic diversity, and social structure of the Asian elephant in Cat Tien National Park and its adjoining areas, Vietnam, based on molecular genetic analyses // *Conserv. Genet.*, December 2007. V. 8, is. 6. P. 1471–1478. Режим доступа: http://download.springer.com/static/pdf/112/art%253A10.1007%252Fs10592-007-9301-7.pdf?auth66=1350943759_278829d499f1f4895618ca7fd6e2be93&ext=.pdf
- Nguyen K.V., Nguyen T.H., Phan K.L., Nguyen T.H.* Bioclimatic diagrams of Vietnam. Hanoi: Vietnam Nat. Univ. Publ. House, 2000.
- Ninh N.H., Hien H.M., Lien T.V., Tuan T.Q., Huy L.Q.* Reducing the impact of environmental emergencies through early warning and preparedness – the case of El Niño–Southern oscillation (ENSO) – Vietnam Case Study. UNFIP/UNEP/NCAR/WMO/IDNDR/UNU Research Programme. Tokyo: United Nations University, 2001. Режим доступа: <http://archive.unu.edu/env/govern/EINIno/CountryReports/inside/vietnam.html>
- Oldenborgh van G.J., Philip S., Collins M.* El Niño in a changing climate: a multi-model study // *Ocean Sci. Disc.* 2005. V. 2. P. 267–298. Режим доступа: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/29/84/41/PDF/osd-2-267-2005.pdf>
- Page le Y., Pereira J.M.C., Trigo R., Camara da C., Oom D., Mota B.W.* Global fire activity patterns (1996–2006) and climatic influence: An analysis using the World Fire Atlas // *Atmosph. Chem. and Phys. Disc.* 2007. N 7. P. 17299–17338. Режим доступа: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/29/65/12/PDF/acp-8-1911-2008.pdf>
- Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A.* Updated world map of the Köppen–Geiger climat classification // *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2007. V. 11. P. 1633–1644.
- Phan V.T., Ngo-Duc T., Ho T.M.H.* Seasonal and interannual variations of surface climate elements over Vietnam // *Clim. Res.* 2009. V. 40. P. 49–60.
- Polet G., Ling S.* Protecting mammal diversity: opportunities and constraints for pragmatic conservation management in Cat Tien National Park, Vietnam // *Oryx*. April 2004. V. 38, N 2. P. 186–196. Режим доступа: http://www.rhinosourcecenter.com/pdf_files/124/1240920350.pdf
- Sinha A., Cannariato K.G., Stott L.D., Cheng H., Edwards R.L., Yadava M.G., Ramesh R., Singh I.B.* A 900-year (600 to 1500 A.D.) record of the Indian summer monsoon precipitation from the core monsoon zone of India // *Geophys. Res. Lett.* 2007. V. 34. L16707. Режим доступа: http://earth.usc.edu/~stott/stott_papers/sinha%20et%20al.%202007.pdf
- The impact of El Niño and La Nina on Southeast Asia: 21st–23rd February 2000, Hanoi, Vietnam: Workshop Report / Eds M. Kelly, S. Granich, Huu Ninh Nguyen. Hanoi: Center for Environment Research Education and Development, 2000. Режим доступа: <http://www.apn-grc.org/resources/archive/files/0e15075eee881d2aae90fd57126520dd.pdf>

- The nomination of property for inscription of the world heritage list: Cat Tien National Park. Vietnam: UNESCO, 2011.
- Torok S.J., Nicholls N. A historical annual temperature data set for Australia // Aust. Meteorol. Mag. 1996. V. 45. P. 251–260. Режим доступа: <http://www.climateconversation.wordshine.co.nz/downloads/aust-temperatures-torok-1996.pdf>
- Typhoon Committee Country Report 2007: Vietnam. Vietnam Hydrometeorological Service; World Meteorological Organization, 2007. Режим доступа: http://severe.worldweather.org/tcc/document/creport/CountryReport_VietNam_2007.pdf
- Vandekerkhove K., Wulf de R., Chin N.N. Dendrological composition and forest structure in Nam Bai Cat Tien National Park, Vietnam // Silva Gandav. 1993. V. 58. P. 41–83.
- Wang B., Lin Ho, Yongsheng Zhang, M.-M. Lu. Definition of South China Sea monsoon onset and commencement of the East Asia summer monsoon // J. Climate. 2004. V. 17. P. 699–710. Режим доступа: <http://www.soest.hawaii.edu/MET/Faculty/bwang/bw/paper/wang116.pdf>
- Wang B., Wu R., Fu X. Pacific–East Asian teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate? // J. Climate. 2000. V. 13. P. 1517–1536. Режим доступа: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442%282000%29013%3C1517%3APEATHD%3E2.0.CO%3B2>
- Wang B., Lin Ho. Rainy season of the Asian–Pacific summer monsoon // J. Climate. 2002. V. 15. P. 386–398. Режим доступа: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442%282002%29015%3C0386%3ARSOTAP%3E2.0.CO%3B2>
- Whitford-Stark J.L. A Survey of Cenozoic volcanism on mainland Asia // Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. 1987. V. 213. P. 74.
- Yokoyama C., Takayabu N.Y. A statistical study on rain characteristics of tropical cyclones using TRMM satellite data // Mont. Weather Rev. 2008. V. 136. P. 3848–3862. Режим доступа: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2008MWR2408.1>

Сведения об авторах

- ДЕЩЕРЕВСКАЯ Ольга Алексеевна** – аспирант, младший научный сотрудник, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. Тел.: 8 (903) 260-83-05. E-mail: olga.alek.de@gmail.com
- АВИЛОВ Виталий Константинович** – аспирант, инженер, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. 142290, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2. Тел.: 8 (903) 262-62-95. E-mail: vitavilov@gmail.com
- ДИНЬ Ба Зуи (Đinh Bá Duy)** – магистр, научный сотрудник, Институт тропической экологии Совместного Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра, Вьетнам, г. Ханой. (Institute of Tropical Ecology/ Head Office, Vietnam-Russian Tropical Center, 58 Nguyen Van Huyen street, Cau Giay district, HaNoi city, Vietnam.) Тел.: +084989331023. E-mail: duydb.vrtc@gmail.com
- ЧАН Конг Хуан (Trần Công Huân)** – доктор экологии, профессор, директор, Институт тропической экологии Совместного Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра, Вьетнам, г. Ханой. (Institute of Tropical Ecology/ Head Office, Vietnam-Russian Tropical Center, 58 Nguyen Van Huyen street, Cau Giay district, HaNoi city, Vietnam.) Тел.: +0841652114550. E-mail: conghuancnvb@gmail.com
- КУРБАТОВА Юлия Александровна** – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. Тел.: 8 (495) 747-98-68. E-mail: kurbatova.j@gmail.com

**MODERN CLIMATE OF CAT TIEN NATIONAL PARK
(SOUTHERN VIETNAM):
CLIMATOLOGICAL DATA FOR ECOLOGICAL STUDIES**

**O.A. Deshcherevskaya^{1,3}, V.K. Avilov^{2,3}, Ba Duy Dinh², Cong Huan Tran²,
J.A. Kurbatova^{1,3}**

¹ Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

³ Vietnam-Russian Tropical Center, Ho Chi Minh City, Vietnam

⁴ Institute of Tropical Biology, Vietnamese-Russian Tropical Center, Hanoi, Vietnam

Abstract. The way of using of standard weather station data for local ecosystem researches is described. The environmental factors which may limit ecosystem functions are particularly examined. As an example for local climate description, modern climate of Cat Tien national park (Southern Vietnam) and local climate change during 1980–2010 is chosen. It is shown that Southern Vietnam climate responds with statistical significance to global climate change by annual and winter temperature rise and dry season precipitation increasing. El Niño events cause both sharp rise in temperature and decrease in precipitation in the very hot months of a year, so increasing the possibility of forest fires. Suggestions about possible reactions of tropical monsoon forest ecosystem to the climate change are given.

Keywords: modern climate change, South-East Asia tropical monsoon forest, Southern Vietnam, Cat Tien national park.