

The background of the cover is a vibrant cosmic scene. A bright, yellowish-white star is positioned in the upper right quadrant, surrounded by intricate, glowing red and orange filaments of a nebula. The rest of the space is filled with a dark, starry field. On the left side, a large, dark, curved portion of a celestial body, likely a planet or moon, is visible, showing some surface detail.

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И ГЕЛИОКЛИМАТОЛОГИЯ

**Серия «Космические лучи»
Том 28**

**МОСКВА
МАОК 2012**

ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ АФРИКАНСКИХ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ НА РАЗВИТИЕ И МОЩНОСТЬ СЕВЕРОАТЛАНТИЧЕСКИХ УРАГАНОВ

Хорхе Перес Пераса¹, Игорь Либин²

¹Институт Геофизики Национального
Автономного Университета Мексики, Мексика

²Международная Академия оценки
и консалтинга, Россия

I. Африканская пыль

В течение большей части года из пустынь Северной Африки и Азии в районы Карибского бассейна, тропической части Северной Атлантики и умеренные регионы северной части Тихого и Индийского океанов часто переносится большое количество пыли.

Состояние окружающей среды на Земле, включая климат, определяются множеством различных физических, химических, биологических и даже антропогенных воздействий, вызывающих преобразование и передвижение различных веществ (материалов) и даже энергии. Земля является весьма сложной системой, характеризующейся множественными нелинейными процессами.

Одной из важных составляющих этой системы является пыль, которая переносится через атмосферу в океаны. Пыль (в том числе и производственная), влияющая на биохимию океана и, следовательно, через различные обратные связи воздействующая на климат [Jickells, 2005].

Производственная пыль, при скорости ветра выше пороговой, переносится не только по горизонтали, но и за счет мелких фракций возносится в верхние слои атмосферы и переносится на большие расстояния за счет процессов переноса. Показательным был пример Чернобыля, когда в достаточно короткий срок радиоактивная пыль, возникшая при аварии реактора, достигла самых отдаленных мест планеты.

Естественно, процессы переноса зависят от количества осадков, направления и скорости ветра, шероховатости поверхности,

температуры, топографии и растительного покрова, которые, в свою очередь, зависят друг от друга, а также факторов, связанных с сухостью и климатом весьма нелинейным образом. И все же, основная часть пыли обеспечивается не непосредственной производственной деятельностью человека, а от пыли, возникающей, как правило, в результате эрозии почвы при отсутствия растительной защиты.

В пустынях преобладают частицы пылевого аэрозоля диаметром от 0,1 до 10 мкм, со средним размером около 2 мкм. Такие аэрозоли имеют сроки существования от нескольких часов до недели, что позволяет переносить их на большие расстояния (тысячи километров) [Duce, 1995; Ginoux, 2001]. При этом, градиенты осаждения пыли в значимых концентрациях составляют величину порядка одних суток.

Африканские пыльные ветра демонстрируют большую межгодовую изменчивость, которая антикоррелирует с осадками в Судане (Сахель, Восточной Африки).

Объем годовых выбросов от Сахары (к северу от 21,25°N) и Сахеля (к югу от 21,25°N) в Северной Африке показывает, что выбросы от Сахары, в два раза превосходят выбросы от Сахеля, и составляют 64% от всей Северной Африки и 42% глобальных выбросов пыли. Необходимо отметить, что концентрации пыли в глобальном масштабе резко снижалась в течение большей части 20-го века вплоть до 1970 года (минимум наблюдался в 1996 году), когда количество осадков было относительно нормальным.

Постоянный контроль межгодовой изменчивости переноса африканской пыли на север тропической Атлантики осуществляется с помощью приземных измерений концентрации пыли, выполняемых на Барбадосе с 1966 года. Наряду с этим, проводится постоянное спектрометрирование озонового слоя (TOMS) и, последние два десятилетия, измерения оптической толщины пыли (DOT) системами Meteosat.

Большая часть переноса пыли происходит на высоте в несколько километров, с последующим удалением от осаждения осадками. Средняя оценка осаждения пыли составляет величину порядка $1,7 \times 10^{15}$ г год⁻¹ и существенно отличается от года к году, при этом

почти две трети пыли в тропическую Северную Атлантику поступает из Северной Африки и 26% пыли выпадает в океан.

Как было сказано ранее, выбросы пыли, ее перенос и осаждение в океанах зависит от климатических факторов, в частности, структуры атмосферы, которая регулирует подъем и скорости ветра и величину осадков. Пыльные бури и пыль в воздушных потоках, являются наиболее большими и широко распространенными функциями пыльного аэрозоля.

При этом, большая изменчивость переноса африканской пыли имеет более широкие последствия для планеты. Дело в том, что в ней присутствует значительное количество микрочастиц железа, связанных с пылью, что является важным микроэлементом, необходимым для формирования фитопланктона [Falkowski, 1998]. Таким образом, различия в переносе пыли от суши в океан могут модулировать первичную продуктивность океана и, следовательно, цикл углерода в океане и CO_2 в атмосфере.

Пыль может также сыграть положительную роль в борьбе с глобальным потеплением, парниковыми газами, CO_2 , поскольку, фитопланктон в океане выступает в качестве поглотителя CO_2 . Эолийские оседания пыли является основным источником биологически доступного железа в железо-ограниченном открытом океане и эффективно контролируют фитопланктон [Martin and Gordon, 1988].

Другой важный эффект пылевых частиц - их роль в фотохимических процессах производства тропосферного озона за счет сокращения на 50% значений фотосинтеза [Dickerson et al, 1997; Liao et al, 1999], а также, в предоставлении лучших возможностей для реакции озона и молекул азота [Prospero et al, 1995; Dentener et al, 1996].

Кроме того, частицы пыли влияют и на качество воздуха [Prospero, 1999], оказывает влияние на изменения в региональном климате и являются потенциальными переносчиками переноса на дальние расстояния бактерий. Все сказанное подчеркивает необходимость понять, как пыль может повлиять на климатические процессы на больших масштабах, поскольку минеральная пыль, образующаяся в результате ветровой эрозии засушливых и полусушливых областей Земли, как полагают климатологи, играет важную роль в воздействии на климат.

Тем не менее, это влияние трудно оценить количественно (из-за относительно сложного и весьма неопределенного (зачастую взаимного) влияния пыли и на радиационное воздействие) [Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC, 2001; Sokolik et al, 2001]. Минеральная пыль может также оказывать косвенное радиационное воздействие, изменяя свойства облаков и осадков процесса [Rosenfeld et al, 2001; Sassen et al, 2003].

Из-за большой чувствительности выбросов пыли к поведению климата, будущие изменения климата могут привести к большим изменениям в выбросах пыли из африканских и других засушливых регионов, которые, в свою очередь, могут привести к воздействиям на климат на больших территориях. Кроме того, аэрозоли, в том числе минеральной пыли, могут влиять на климат как непосредственно (за счет рассеяния и поглощения солнечной радиации на частичках пыли), так и косвенно, изменяя облачность, физические и радиационные свойства атмосферы и осадки [Kaufman et. al, 2002].

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что влияние компонентов минеральной пыли в атмосферном балансе сопоставимо с влиянием различных газов и парниковым эффектом, но противоположно по знаку. На самом деле, пыль может иметь любой чистый положительный или отрицательный радиационный эффект в зависимости от альbedo поверхности и альbedo однократного рассеяния аэрозоля [Liao and Seinfeld, 1998]. Эксперимент по исследованию пыли от Сахары (The Saharan Dust Experiment, SHADE) [Tanre' et al., 2003], состоявшейся у берегов Западной Африки в сентябре 2000 года, показывает, что чистое радиационное воздействие африканской пыли, если экстраполировать на всю Землю, было бы примерно $-0,4 \text{ Вт м}^2$

Однако, из-за мощного солнечного и земного радиационного воздействия, не был определен даже знак эффекта пыли [IPCC, 2001]: радиационное воздействие пыли оценивалось в диапазоне от $+0,4$ до $-0,6 \text{ Вт м}^2$.

Количественные оценки воздействия пыли на изменение климата, сегодня невозможны из-за отсутствия знаний о естественной изменчивости выбросов пыли и временной и пространственной из-

менчивости ее переноса. Еще одним важным моментом в этой неопределенности является отсутствие надежной оценки антропогенной фракции минеральной пыли в атмосфере. Последние оценки антропогенной фракции с использованием климатических моделей составляют около 10% глобального содержания пыли [Tegen, 2004].

Несколько исследований показали, что частицы пыли, поглощая и рассеивая солнечное излучение, вызывают изменение атмосферного радиационного баланса атмосферы [Tegen et al, 1996; Sokolik and Toon, 1996; Weaver et al, 2002]. Плотные облака пыли над океанами приводят к снижению инсоляции на поверхности океана, тем самым, уменьшая нагрев поверхности океана воды [Diaz., 2001] и температуру поверхности океана, которые, в свою очередь влияют на океан-атмосферный обмен (водяной пар и скрытая теплота), который является важными факторами климата [Lelieveld, 2002].

В работах [Lamb, and Peppier, 1992] показано, что температура поверхности моря в тропической Атлантике во многом связана с засухами в Сахеле. Как показано в работе [Rosenfeld, et al., 2001], пыль может также влиять на климат через ряд микрофизических процессов: возможное подавление осадков, ведущих к сохранению и распространению засухи.

По наблюдениям в южной Флориде [Sassen et al, 2003], в присутствии африканской пыли и при относительно высоких температурах, в облаках наблюдались микрочастицы льда – этот эффект может изменить радиационные процессы в облаках, осадки и время жизни облаков.

Кроме того, частота и интенсивность атлантических ураганов демонстрирует снижение активности во время сухих фаз, что свидетельствует об их связи с осадками в Восточной Африке [Landsea and. Gray, 1992].

Хотя нет никаких свидетельств того, что воздействие пыли через этот регион представляет проблемы со здоровьем людей, тем не менее, многие исследователи подчеркивают, что климатические процессы могут привести к изменениям в окружающей среде, которые могут иметь широкий диапазон последствий в межконтинентальных масштабах, в том числе и для здоровья.

Таким образом, важно понимать долгосрочную изменчивость распределения пыли, для того чтобы определиться с возможными методами учета такой изменчивости.

Харрелл [Hurrell, 1995] показал, что циркуляция и осадки над Европой и Северной Атлантике модулируются Североатлантической Осцилляцией (CAO) с периодом около 8 лет [Либин, 1996]. В работе [Ginoux, 2004] показано, что, зимой, запыленность большей части Северной Атлантики и Африки коррелирует с индексом поведения CAO и что определяющим фактором такой корреляции можно объяснить выброс пыли из Сахеля.

Исследования, основанные на Meteosat [спектрометр видимого света (VIS) и спектрометр для сплошного картирования озонового слоя (TOMS)] за 22 года наблюдений (1979 по 2000) установили связь между засухами и выбросами пыли в Сахеле с мощными пылевыми облаками над Атлантикой ([Moulin and Chiapello, 2004] и показали роль CAO для переноса пыли в зимние сезоны [Chiapello and Moulin, 2002].

Перенос пыли к Атлантике [Moulin and Chiapello, 2004] и на Барбадос [Prospero and Lamb, 2003], хорошо коррелирует с осадками в Сахеле за предыдущий год (то есть, сезон дождей предшествующего пылевого случая).

Получены значимые корреляции между межгодовой изменчивостью летней концентрацией пыли на Барбадосе, и данными TOMS/DOT для Сахеля и северо-восточной тропической части Атлантики. Эти результаты позволяют предположить, что Сахель является источником значительного вклада в пыль, транспортируемую над западной частью Атлантического океана.

Несмотря на ограниченность охвата, данные TOMS и DOT, тем не менее, их данные находятся в хорошем согласии между собой и с другими различными видами наземных измерений (аэрозольной оптической толщины [Moulin and Chiapello, 2004] и концентрацией минеральной пыли [Chiapello et al, 1999]) и дают картину динамики транспорта пыли с разумным уровнем доверия.

Таким образом, хотя район Сахеля имеет если не первостепенное значение с точки зрения интенсивности выбросов пыли по сравнению с Сахарой [Prospero et al, 2002], вероятно, является важ-

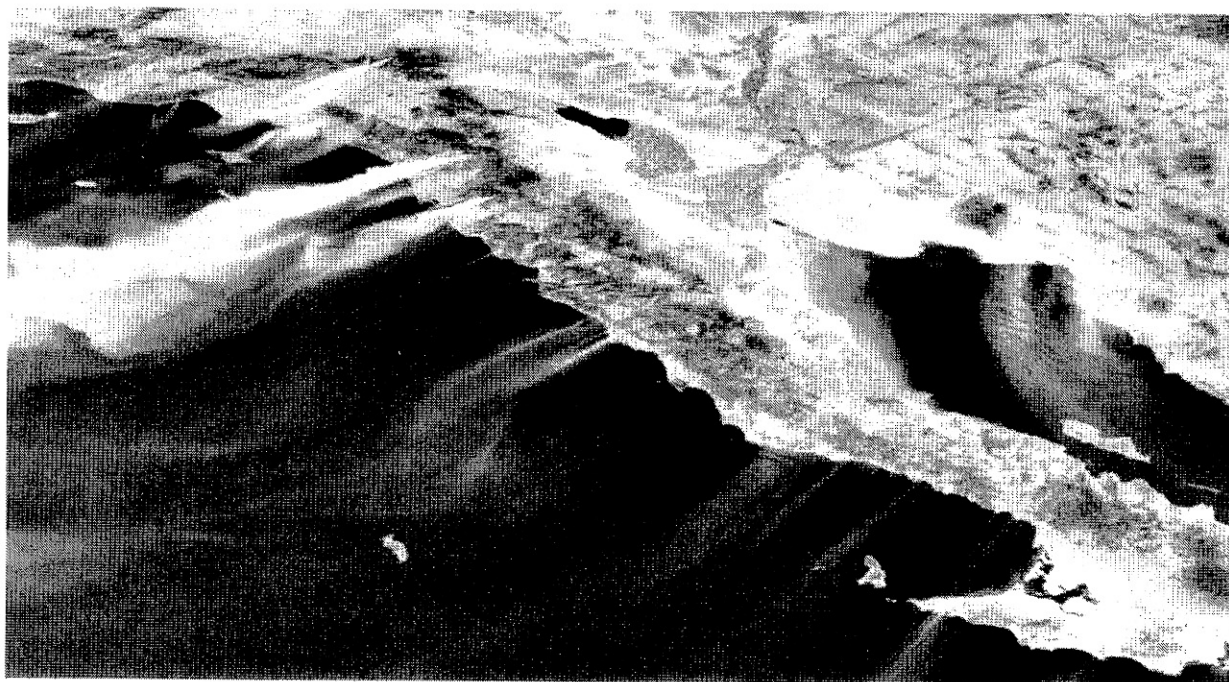


Рис. 1 Типичная Африканская пыльная буря в Западной Африке
[EarthObservatory,NASA]

нейшим регионом для изучения условий межгодовой изменчивости транспорта пыли.

Изменчивости, изучение которой должно обеспечить прогресс в понимании механизмов влияния климатических параметров на пыль, а также, обеспечить более точные оценки антропогенной фракции минеральной пыли. Наконец, следует еще раз подчеркнуть, что частота и интенсивность ураганов тропической Атлантики были связаны с восточно-африканскими осадками [Landsea and Gray, 1992], показав снижение активности во время сухих фаз.

II. Взаимосвязь между североатлантическими циклонами и африканскими пыльными бурями

Недавнее повышение (с 1995 года) количества и интенсивности тропических атлантических циклонов (включая ураганы и тропические шторма), влияющих на Северную Америку повысил осведомленность о их влиянии на общество и экономику.

Несколько недавних исследований изучали связь между долгосрочными тенденциями в активности тропических циклонов (с точ-

ки зрения их количества или интенсивности) и экологическими факторами, которые могут быть результатом глобального потепления [Emanuel, 2005a, 2005b; Landsea, 2005; Webster et al, 2005; Либин, 2009; Perez Peraza, 2011]. В других работах пришли к выводу, что усиление циклонической деятельности не обязательно связано с глобальным потеплением [Либин, 1996; Goldenberg et al, 2001; Knutson and Tuleya, 2004 Либин 2009].

Роль атмосферной пыли, как возможный вклад в изменение активности ссевероатлантических тропических циклонов было предложено в работе [Dunion and Velden, 2004], которые показали, что активность тропических циклонов может зависеть от наличия над Атлантикой воздушных масс из Сахары, которые представляют собой взвесь сухой пыли из Западной Африки, хорошо перемешанной с теплым воздухом [Carlson and Prospero, 1972, Prospero and Carlson, 1981].

При этом, этот «сэндвич» легко вытесняет вниз влажный воздух из тропических районов Северной Атлантики. На самом деле, исторические данные показывают, что пыль Сахары может иметь на статистику ураганов (в субтропической западной части Атлантического океана/Карибского бассейна) более сильное влияние, чем Эль-Ниньо. В то время, как влияние Эль-Ниньо может быть сильнее в тропической восточной части Атлантического океана [Либин, 2009; Perez Peraza, 2011].

Было также отмечено в предыдущих разделах, что активность тропических циклонов в Атлантике сильно меняется с течением времени, что летний перенос пыли над Северной Атлантикой также меняется из года в год, но связей между активностью тропических циклонов и мощностью пылевых потоков в атмосфере до настоящего времени не изучали.

Сравнительно недавно, Эван и др. [Evan et al, 2006a] сообщили о наличии сильной взаимосвязи между межгодовой вариацией активности тропических циклонов в Северной Атлантике и атмосферными пылевыми потоками, измеренными с помощью спутника в период 1982-2005 (рис. 2).

Из рисунка хорошо заметно наличие обратной корреляции между содержанием пыли и активностью тропических циклонов [Evans,

2006], что хорошо согласуется с гипотезой [Dunion and Velden, 2004]. Эванс [Evans, 2006] говорит о возможности того, что интенсивная деятельность воздушных пылевых слоев из Сахары свидетельствует о наличии среды менее благоприятной для глубокой конвекции и тропических циклонов, тогда как отсутствие деятельности пылевых воздушных масс из Сахары демонстрирует противоположную ситуацию – число ураганов увеличивается.

Коэффициент корреляции между временными рядами тропических циклонов и пылевой активности для многолетних наблюдений составляет $\sim 0,51$ (доверительный интервал 99%) [Goldenberg et al, 2001], в то время, как для последнего десятилетия он становится значимым $\sim 0.59\%$ [Perez Peraza, 2011].

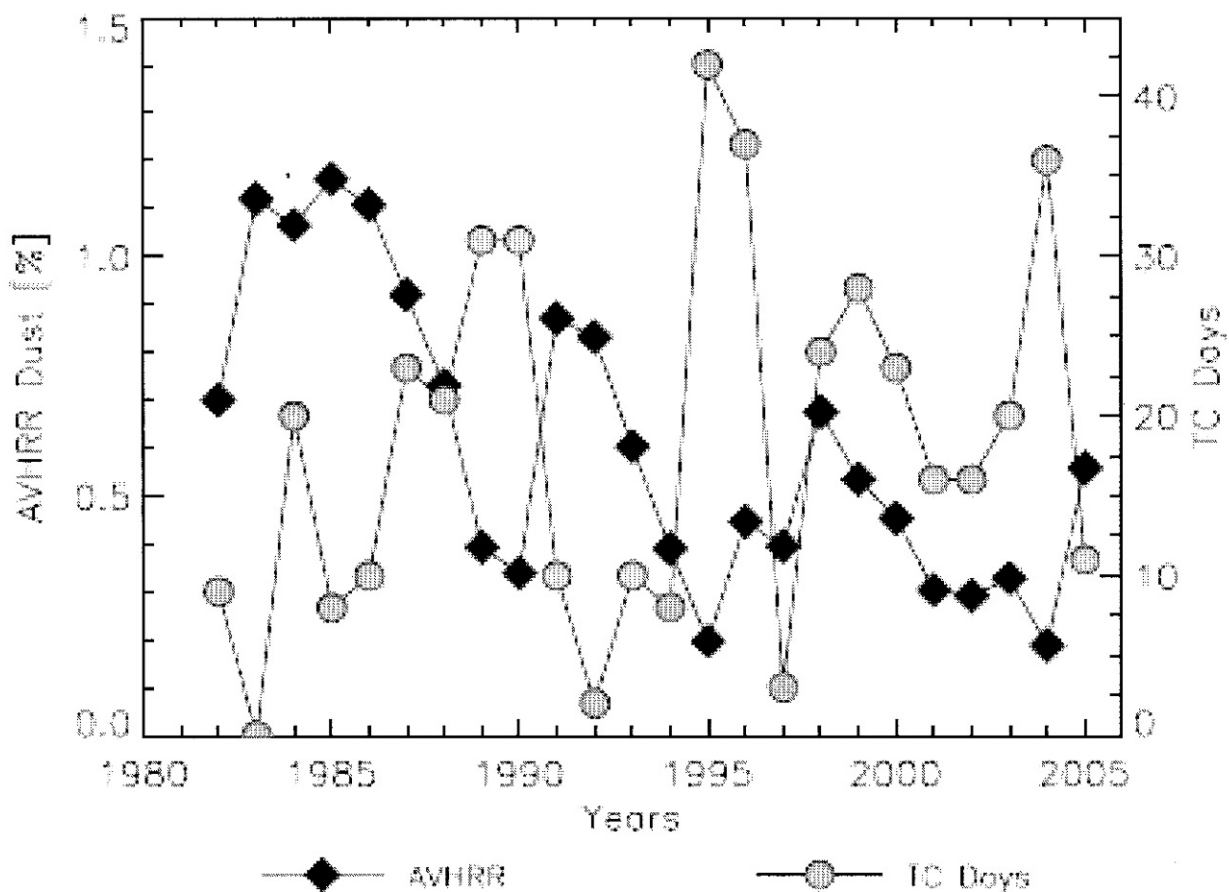


Рис. 2. Количество дней тропических циклонов в Северной Атлантике в году (точки) и процентное содержание пыли Сахары в воздушных массах (ромбики) для 1982-2005. (измерения за период 20 августа по 30 сентября для области 0-30ON и 15-60OW [Evans et al, 2006])

Температура поверхности моря имеет большое значение в формировании межгодовой изменчивости североатлантических тропических циклонов [Goldenberg et al, 2001; Landsea et al, 1999]. Тем не менее, по крайней мере, последние 26 лет, региональная активность тропических циклонов и температура поверхности моря [Либин, 1996; Либин, 2009] демонстрируют тенденцию к росту, в то время как пылевая деятельность уменьшается (Коэффициенты корреляции долговременных трендов временных рядов составляют - 0.50, доверительный интервал 98,5%).

Временной ряд показателей энергии циклонов (ACE) также хорошо коррелируют с содержанием пыли в воздухе (коэффициентом корреляции 0,59, значим на 99,5%), что, вероятно, отражает эффект влияния слоя воздуха Сахары на циклоническую интенсивность, а также генезис циклонической деятельности [Dunion and Velden, 2004]. ACE-индекс определяется как сумма квадратов максимальной постоянной скорости приземного ветра (узлы), измеряемой каждые шесть часов в течение урагана [Jarvinen, 1984].

Тем не менее, хотя поведение пылевых процессов и активности тропических циклонов хорошо (обратно) коррелируют между собой, это не дает убедительных доказательств того, что пыль оказывает прямое влияние на активность тропических циклонов.

Было отмечено, что связь существует между осадками в Сахеле и активностью ураганов: увеличение осадков Сахеля, как считается, приводят к увеличению активности ураганов в Северной Атлантике, а уменьшение осадков Сахеля к уменьшению активности ураганов [Gray, 1990; Landsea and Gray, 1992].

Поэтому, вполне возможно, что если изменения осадков в Сахеле меняют объем выбросов западноафриканской пыли, то эта изменчивость осадков и может быть причиной наблюдаемых корреляций. Тем не менее, было показано, что, по крайней мере, для летнего периода, межгодовые изменения запыленности над Северной Атлантикой, связаны с изменениями осадков [Либин, 1996] в Сахель по сравнению с предыдущим годом [Moulin and Chiapello, 2004].

В отличие от динамических эффектов слоя воздуха Сахары (SAL) в подавлении циклогенеза, Лау и Ким [Lau and Kim, 2007a]

указывают, что наблюдаемые в последнее время значительные похолодания облаков Северо-Атлантического субтропического региона могут быть связаны с экранированием `солнечного излучения (так называемый эффект солнечного затмения) пылью. Они иллюстрируют свое предположение конкретным поведением сезона ураганов в 2006 году.

Уместно было ожидать продолжения тенденции девяти предыдущих лет (выше средней нормы сезона ураганов), Однако, в 2006 году сезон ураганов был близок к норме (четыре тропических шторма и пять ураганов), но явно гораздо менее активным, нежели 2005 год (12 тропических штормов и 15 ураганов), в том числе Катрина.

Хотя в целом, запыленность в 2006 году была выше, чем в 2005 году, к началу июня было значительное увеличение запыленности, а две недели спустя происходит основной локальный эпизод SST охлаждения, одновременно с долгосрочной тенденцией к потеплению. При этом, никакого долгосрочного охлаждения Атлантики с 2005 по 2006 не наблюдалось [Либин, 2009].

Наиболее выраженные SST охлаждение начались в середине июня 2006 года, достигая максимума в конце июня и середине июля, до конца сентября, после чего вернулся в SST уровню 2005 года. Охлаждение ($\sim 0,6^{\circ}$ - $0,8^{\circ}\text{C}$) было широко распространено, покрывало большую часть субтропических и экваториальных Северной Атлантики (по сравнению с тропической частью Атлантического океана и Карибского бассейна). SST охлаждения оказались тесно связаны с существенным увеличением атмосферной пыли Сахары в регионе, накрывшем именно все северные районы субтропической Атлантики и западной Африки. Эпизод увеличения количества пыли длился около месяца, до конца июня.

Эван (2006) указывал на роль пыли Сахары как источника в запуске серии быстрых процессов обратной связи в системе океан-атмосфера в результате неблагоприятных условий для образования ураганов в Атлантике в 2006 году. Главное в том, сколько изначально необходимо пыли, чтобы вызвать процесс обратной связи?. По анализу аэрозольной оптической толщины области в 2005 и 2006 годах, Лау и Ким, (2007b) оценили увеличение 28-30% в 2006 году по сравнению с 2005 г., что соответствует уменьшению

потока солнечного излучения на $4,3 \text{ Вт м}^{-2}$. Есть ли прямая или косвенная причинная связь между активностью ураганов и запыленностью тропической Атлантики? Исследования продолжаются [Perez Peraza, 2011], однако, до настоящего времени нет окончательного механизма взаимодействия, нет прямой причинно-следственной связи, как и нет убедительных доказательств того, надежная связь между активностью тропических циклонов и переносом африканской пыли до тропической Атлантики.

Литература и библиография

Либин И.Я., Перес-Пераса Х., Яани А.: 2006. Международные гелиоклиматологические исследования: воздействие изменений солнечной активности на процессы на Земле. В кн. «Концептуальные основы развития Евразийского социально-экономического пространства в условиях глобализации», Материалы научно-прикладной Конференции МАОК. М.: МАОК. С.24–37..

Либин И.Я., Перес-Пераса Х.: 2007. Глобальное потепление: мифы и реальность. В кн. «Концептуальные основы развития социально-экономического пространства в условиях глобализации», Материалы научно-прикладной Конференции МАОК. М.: МАОК. С.8–16..

Либин И.Я., Перес-Пераса Х., Микалаюнас М.М.: 2008. Космические исследования в Мексике и мексикано-российское сотрудничество. В кн.: Международное экономическое сотрудничество: зарубежный опыт для России. М.: МАОК. Вып.2. С. 19–37.

Либин И.Я., Перес-Пераса Х.: 2009. Гелиоклиматология. М.: Международная академия оценки и консалтинга. 251 с.

Пудовкин М.И. Влияние солнечной активности на состояние нижней атмосферы и погоду. Соросовский образовательный журнал. 1995. № 10. с. 106–113.

Пудовкин М.И., Распопов О.М.: Механизм воздействия солнечной активности на состояние нижней атмосферы и метеопараметры. Геомагнетизм и аэрономия. Т.32, №5, 1992. С.1–10.

Chiapello, I., and C. Moulin, *Geophys. Res. Lett.*, 29(8), 1176, doi:10.1029/2001GL013767, 2002.

- Chiapello, I., J. M. Prospero, J. Herman, and C. Hsu, *J. Geophys. Res.*, 104, 9277–9291, 1999.
- Diaz, J. P. et al., *J. Geophys. Res.* 106, 18403 (2001).
- Dentener, F.J., Carmichael, G.R., Zhang, Y., Lelieveld, J., Crutzen, P.J., *J. Geophys. Res.* 101, 22. 1996
- Dickerson, R.R., Kondragunat, S., Stenchikov, G., Civerolo, K.L., Doddridge, B.G., Holben, B.N., *Science* 278, 827–830, 1997.
- Duce, R. A. in *Aerosol Forcing of Climate*, Eds. R. J. Charlson, J. Heintzenberger, (Wiley, Chichester, UK,), pp. 43–72, 1995
- Dunion, J.P. and C.S. Velden, *Bull. Amer. Meteor. Soc* 85, 353–365 (2004).
- Emanuel, K, *Nature*, 438(7071), E13, 2005a.
- Emanuel, K., *Nature* 436(7051), 686–688., 2005b.
- Evan, A.T., Dunion, J., Foley, J.A., Heidinger, Velden, C.S. A.K. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L19813, doi.10.1029/2006GL026408, 2006.
- Falkowski, P. G, R. T. Barber, V. Smetacek, *Science* 281, 200 (1998).
- Ginoux, P., Thourèt, V., *J. Geophys. Res.* 107 (4351), doi:10.1029/2001JD001480, 2002.
- Ginoux, P. et al., *J. Geophys. Res. Atmos.* 106, 20255, 2001.
- Ginoux, P., J. M. Prospero, O. Torres, and M. Chin, Long-term simulation of global dust distribution with the GOCART model: Correlation with North Atlantic Oscillation, *Environ. Model. Software*, 19(21), 113–128, (2004).
- Goldenberg, S.B. , C.W. Landsea, A.M. Mestas-Nuez, and W.M. Gray, L.J. *Science* 293, 474–479 (2001).
- Gray, W.M , *Science* 249, 1251–1256 (1990).
- Hurrell, J. W., *Science*, 269, 676–679, (1995).
- (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*, edited by J. T. Houghton et al., Cambridge Univ. Press, New York (2001).
- Jickells, T.D., et al, (Review paper) *Science*, 30, 69-71, 2005.
- Kaufman, Y. K. , D. Tanré, O. Boucher, *Nature* 419, 215 (2002).
- Knutson, T. R., and R. E. Tuleya), *J. Clim.*, 17(18), 3477–3495, 2004.
- Lamb, P. J. and R. A. Peppier, *J. Clim.* 5. 476 (1992).
- Landsea , C.W. and W.M. Gray, *J. Climate* 5, 1528–1534, (1992)

Landsea, C. W., Meteorology—Hurricanes and global warming, *Nature*, 438(7071), E11 –E13, 2005.

Landsea, C. W., R. A. Pielke, A. Mestas-Nunez, and J. A. Knaff, , *Clim. Change*, 42(1), 89–129, 1999.

Lelieveld, J. et al., *Science* 298, 794 (2002).

Lau, W.K.M. and Kim, K-M, *EOS Trans. AGU*, 88(9), 105-107, 2007a.

Lau, W.K.M. and Kim, K-M, *EOS Trans. AGU*, 88 (26), 271, 2007b.

Laut Peter, *JASTP*, 65. 801-812, 2003.

Liao, H., and J. Seinfeld, , *J. Geophys. Res.*, 103, 31,637– 31,646. (1998).

Liao, H., Yung, Y.L., Seinfeld, J.H., *J. Geophys. Res.* 104, 23. 1999.

Libin I.Ya.: 1996. Solar activity variations a candidate for climate change. Proc. International Conference “The Solar cycle: recent progress and future research”. Hermosillo. Sonora. Mexico. P. 385–394.

Libin I.Ya., Perez-Peraza J., Leyva Contreras A., Zenteno G., Valdes-Baron M., Jaani A., Yudakhin K.F.: 1996. Influence of solar activity on hydrological processes: spectral and autoregressive analysis of solar activity and levels of lakes Patzcuaro and Tchudskoe. *Reportes Internos* 95-3, marzo 1996. Instituto de Geofisica UNAM. 20 P.

Libin I.Ya., Leyva A.C., Perez-Peraza J., Valdes-Baron M., Mosino-Aleman P., Salinas Zavala C., Brito-Castillo L.: 2001. Common cycles in air temperature and solar activity in the Mexican northwest region in 1935–2000. Proc. Intern. Solar activity Seminar, Guaymas, Mexico, June 2001. V.1. P.323–326.

Libin I.Ya., Perez-Peraza J., Jaani A., Yudakhin K, Leyva-Contreras A, Valdez-Barron M.: 2005. Influence of solar activity on hydrological processes. *Hydrology and Earth System Sciences (HESS)*. P. 1167–1172.

Libin I.Ya., Jaani A., Mikalajūnas M., Perez-Peraza J., Sizova O.V.: 2009. Assessment of the state of natural water resources and prediction of their dynamics in nearest decades. *Annales Geographicae*. V. 42 (1–2), P.224–240.

Martin, J.H., Gordon, R.M., *Deep Sea Res.* 35,177–196. 1988.

Moulin, C., and I. Chiapello), *Geophys. Res. Lett.*, 31(2), L02107,doi: 10.1029/2003GL018931,2004.

Pérez-Peraza, J., S. Kavlakov, V. Velasco, A. Gallegos-Cruz, E.

Velasco Herrera, V.M. and Mendoza, B , Advances in Space Research 42, 866878 (2008).

Velasco Herrera, Pérez-Peraza, J., Velasco Herrera, G Luna González, L., Los Alamos Laboratories Series, arXiv:1003.4769v1 [physics.ao-ph], p.1- 5, 2010.

Weaver, C. J., Ginoux, P., Hsu, N. C., Chou, M. D., and Joiner, J., J. Atmos. Sci., 59, 736–747,2002.

Webster, P.J., Cury, J.A., Liu, J., Holland, J., Science 311, 1713c, 2006.

Webster, P. J., Holland, G. J, Curry, J. A. Chang, H.-R., Science 309 (5742),1844-1846