

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 field of stars and a subtle reddish-pink interstellar dust. On the left side, a large, dark, curved portion of a celestial body, possibly a planet or moon, is visible, adding a sense of scale and depth to the composition.

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И ГЕЛИОКЛИМАТОЛОГИЯ

**Серия «Космические лучи»
Том 28**

**МОСКВА
МАОК 2012**

ШТОРМИСТОСТЬ: ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И КОСМОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СЕВЕРОАТЛАНТИЧЕСКИХ УРАГАНОВ

*Хорхе Перес Пераса¹, Игорь Либин²,
Миколас Микалаюнас³, Аго Яани⁴*

¹Институт Геофизики Национального Автономного
Университета Мексики, Мексика

²Международная Академия оценки и консалтинга, Россия

³Вильнюсский Педагогический Университет, Литва

⁴Министерство окружающей среды, Эстония

Связи между космофизическими воздействиями и земными явлениями

«Воскресное утро не предвещало для Благовещенска никаких катаклизмов – смерч обрушился на город неожиданно. Всего за 13 минут стихия перевернула огромные фуры (каждая по 40 тонн), повалила деревья, разметала киоски и обрушила линии электропередач... Пострадали около 30 человек, шесть оказались в больнице, один погиб. Общий ущерб от катаклизма оценили в 80 млн. рублей, а ученые уверяют, что он уже попал в историю – это первый смерч, который «прошел» по российскому городу. При этом, предсказать опасное явление было и остается невозможно» [Журенков, 2011].

Сезон торнадо в США в 2011 году уже поставил полувековой рекорд: в нынешнем году только за один день по США ударило 312 торнадо. По данным перестраховочной компании Munich Re [<http://www.munichre.com/en/>], ущерб от природных катаклизмов в 2011 году составил 265 млрд. долларов (предыдущий рекорд 220 млрд. был в 2005 году).

Что же происходит с климатом Земли? Виновны ли в изменениях климата антропогенная деятельность или солнечная активность, глобальное потепление или «космическая погода»?

Связи между «космической погодой» и метеорологическими изменениями на Земле были предметом многочисленных дискуссий не только в XX веке [Mason and Tyson, 1992; Mazzarella and Palum-

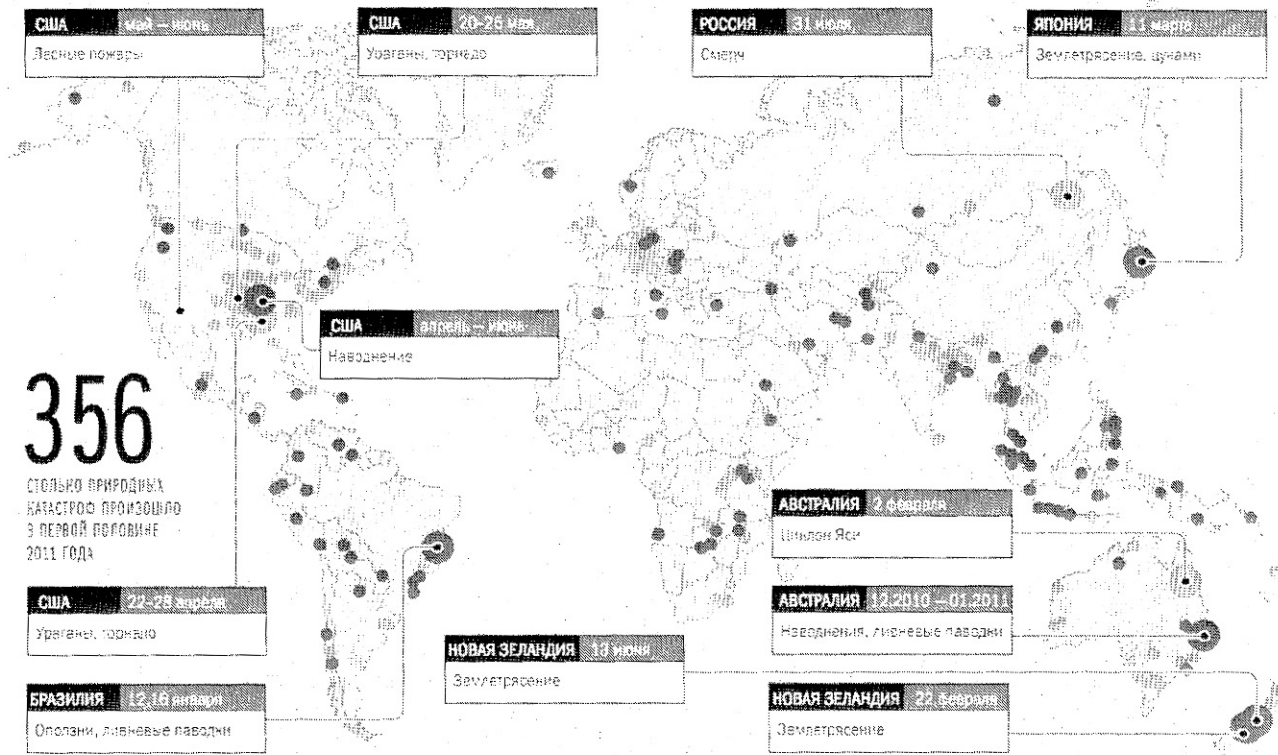


Рис. 1. Природные катастрофы в январе-июне 2011 года (отмечены точками) [<http://www.munichre.com/en/>]

во, 1992], но и в течение последних столетий [Rodrigo et al, 2000], и даже до нескольких тысяч лет тому назад [Neff et al, 2001].

Было предпринято множество усилий, чтобы прояснить механизм всех сложных взаимосвязей между космофизическими и климатическими явлениями на Земле [Либин Перес Пераса, 2009], некоторые из них недавно обобщены в работах [Benestad, 2006; Kanipe, 2006; Haigh et al, 2005 and Fastrup et al, 2001].

В последние годы все больше и больше исследований показывают, что солнечная активность имеют заметное влияние на метеорологические параметры [Ney 1959a, Ney et al., 1959 b, Nay, 2010, Gray et al, 2005; Kristjansson et al, 2002, 2007; Laut, 2003; Tinsley, 1996, 2000; Tinsley and Beard, 1997] и космические лучи, наблюдаемые на Земле [Marsh and Svensmark, 2000; Kudela et al, 2000; Gierens and Ponater, 1999; Dorman, 2006; Mavromichalaki et al, 2006; Ran 2009; Raibeck and Yiou, 1980; Yiou et al., 1997].

Кроме того, в последнее время обнаружены некоторые признаки того, что целый ряд чисто метеорологических процессов в земной атмосфере связан с изменениями интенсивности космических лу-

чей на Земле, солнечной активностью и магнитосферными вариациями [Kudela and Storini, 2005; Marsh et al 2000; Kristjansson et al 2002].

Одна из основных целей исследования космического климата – это выяснение, как и когда периодичности космических явлений модулируют климатические изменения на Земле.

Некоторые идеи получили статистически значимое подтверждение: влияние солнечного цикла Хейла (Hale cycle, 20-25 лет) наблюдается в метеорологических данных вполне отчетливо.

С целью выявления возможного вклада солнечной активности в климатические изменчивости были изучены изменения солнечной активности за последние 500 лет [Распопов и др., 2005]. При этом, квазипериодические климатические колебания с периодами 20-25 лет были выявлены при анализе таких параметров, как температура поверхности земли, засухи, изменения температуры поверхности моря, осадки, уровни озер, штормистость и т. д. [Ol', 1969; Cook, Meko, and Stockton, 1997; Pudovkin and Lybchich, 1989; Pudovkin and Raspopov, 1992; White, Dettinger, and Cayan, 2000; Roig et al., 2001; Raspopov et al., 2001, Khorozov et al., 2006; Либин, 2009; 2010 и 2011].

Чтобы понять физические механизмы этих связей требуется, как минимум, наличие качественных и желательно непрерывных данных наблюдений всех параметров (или экспериментальных фактов). Тем не менее, чтобы прояснить механизм этих чрезвычайно сложных взаимосвязей между космофизическими периодичностями и климатическими явлениями на Земле, требуется колоссальные совместные усилия многих исследователей [Fastrup, 2001; Haigh et al., 2005; Benestad, 2006; Kanipe, 2006].

Одна из главных трудностей в количественных оценках роли космических явлений в изменениях климата было отсутствие долгосрочных измерений обоих процессов, климатических и космических. Единственным выходом для исследователей долгие годы оставалось использование аппроксимации, что вносило дополнительные ошибки в получаемые результаты.

Исследования последних лет показали, что как солнечная активность [Tinsley, 2000; Kristiansen, 2002; Haigh, 2001; Shindell, 2001],

так и космические лучи, имеют заметное влияние на метеорологические параметры.

Результаты предыдущих работ [Elsner and Kavlakov, 2001; Kavlakov, 2008a,b; Pérez-Peraza et al, 2008a], полученные с применением корреляционного анализа, с большой долей вероятности указывают, что некоторые внеземные явления могут иметь какие-то связи с возникновением ураганов. Можно даже предположить, что такого рода корреляции могут (после глубоких и серьезных исследований) стать основой для использования полученных авторами результатов в качестве индикаторов для выявления предвестников возникновения ураганов.

Чтобы получить ожидаемые индикаторы необходимо проводить спектральные исследования различных участков данных климатических и космофизических процессов с более высокой точностью анализа существования этих потенциальных соотношений. То есть, каждый раз необходимо искать случаи космофизических периодичностей, которые могут модулировать земные явления.

Объектом настоящего анализа стали данные АМО (Атлантическая Осцилляция или в русской литературе - Североатлантическая Осцилляция, САО) в течение нескольких последних десятилетий. И хотя АМО (САО) была связана с частотой возникновения ураганов в Атлантике, однако, в данном контексте, сравнительно мало внимания уделяется климатическим явлениям такого большого масштаба.

Так как вопрос о роли Солнца (солнечной активности, СА) в модуляции АМО не был досконально изучен, он требует дальнейшей оценки и исследований. Далее изучается поведение основных периодичностей АМО и их возможные связи с некоторыми явлениями в солнечной активности, в частности, с поведением галактических космических лучей (ГКЛ). Также, особое внимание в настоящей работе уделяется связи между внешними геофизическим воздействиями и ураганами (Geo-external forcing and Hurricanes).

Какова может быть роль межпланетного магнитного поля и космических лучей в изменениях климата и, в частности, в образовании ураганов, образовании облачности и осадков? В работе [Стойков, 2007] рассматривается уравнение энергетического баланса

климатической системы Земли (атмосфера, Мировой океан и литосфера), нагрев которой происходит под действием приходящей от Солнца радиации с максимумом на длине волны $\lambda \approx 0.5$ мкм. Нагретая система испускает в космос длинноволновое излучение с максимумом на длине волны $\lambda \approx 10$ мкм и находится в тепловом равновесии с космосом.

В работе [Стожков, 2007] показано, что потоки заряженных частиц космических лучей в атмосфере Земли усиливают или ослабляют процесс образования облачности. Во время мощных вспышек солнечных КЛ поток заряженных частиц в земной атмосфере увеличивается и растет плотность облаков, увеличивается величина выпадения осадков. (В периоды Форбуш-понижений КЛ, когда поток частиц в атмосфере уменьшается, уровень выпадения осадков становится меньше).

В 1998 г. датские ученые, используя наблюдения облачности со спутников, обнаружили: площадь, занятая облаками на нашей планете меняется в соответствии с изменениями величины потока КЛ, падающего на нашу атмосферу.

Однако, прежде всего, необходимо сказать несколько слов о предыстории настоящего исследования. Около двадцати лет назад авторами были начаты спектральные и авторегрессионные исследования циркуляции в Северной Атлантике в районах Североатлантической Осцилляции САО (штормистости в Северном море) за 1950- 2002 гг. [Дорман, 1987; Libin, 1987; Либин, 1987; Либин, 1992]. Имеющиеся непрерывные массивы среднемесячных данных длиной 52 года (624 точки) позволили вполне уверенно изучать колебания с циклическостями от нескольких месяцев до 22 лет. (Под штормистостью здесь понимается индекс повторяемости сильных штормов со скоростью ветра, большей 17 м/с) [Микалаюнас, 2973а; Микалаюнас, 1973в].

В результате совместного корреляционного, спектрального и авторегрессионного (с изучением динамических спектров) анализа штормистости, солнечной активности, геомагнитной активности и интенсивности космических лучей было обнаружено существование целого набора колебаний штормистости, тесно связанных с колебаниями гелио- и геомагнитной активности, особенно в диапа-

зоне частот от 2×10^{-9} до 8×10^{-8} Гц. [Рожков, 1979; Дорман, 1987; Гулинский, 1992; Гущина, 1996а; Гущина, 1886в].

Модельные исследования спектра показали, что амплитуда пика на частоте 3×10^{-9} Гц. не обеспечивает амплитуд пиков на остальных частотах, при этом моделирование медленных трендов на частотах больших $5-6 \times 10^{-9}$ Гц. не оказывает никакого заметного влияния на спектры.

Резкие выбросы усиливают только совсем низкочастотную часть спектра, что в значительной степени сказывается на величине B и не сказывается на величине показателя спектра γ , при задании спектра в виде $P(f) \sim Bf^{-\gamma}$. Авторами была создана система обработки данных, в которой были реализованы некоторые вспомогательные процедуры: фильтрация высоких и низких частот, исключение регулярных изменений, оценка разладки процесса, т.е. появление нестационарности, вычисление основных статистических характеристик процесса [Гулинский; 1992, Libin, 1997; Libin, 1998].

Кроме того, проведенный анализ показал, что процессы штормистости и солнечной активности, во-первых, находятся в противофазе, а, во-вторых, сдвинуты друг относительно друга на 3.5-4.0 года.

Уточнение этой оценки по меньшим интервалам данных приводит к близким оценкам: запаздывание штормистости P относительно солнечной активности W для периодов, например, 1950-1963 гг. дало величину 4 года, для 1961-1976 гг. – 3 года, 1977-1994 гг. – 3 года и 1993-2002 гг. – 4 года. Для всего периода исследуемых данных суммарное запаздывание составляет величину порядка 45 месяцев.

Аналогичные расчеты взаимных корреляционных функций между параметрами солнечной активности (W и S) и геомагнитной активности (K_p) приводят к запаздыванию K_p -индекса относительно солнечной активности на 1.5 года, причем оба процесса синфазны между собой практически по всей 52-летней выборке. Одновременно с этим, совместный корреляционный анализ между геомагнитной активностью (K_p) и штормистостью (P) приводит к запаздыванию штормистости относительно геомагнитной активности на 1.9-2.5 года (процессы противофазны), что хорошо со-

гласуется с приведенными выше результатами [Распопов, 1998; Либин, 2008].

Полученные результаты хорошо согласуются с анализом эффекта запаздывания интенсивности космических лучей относительно гелиоширотного индекса солнечной активности HL, где величина запаздывания меняется от 6 до 20 месяцев, в зависимости от цикла солнечной активности [Гулинский, 2002; Perez Peraza, 1998; Libin, 2007].

Расчеты взаимных корреляционных функций между интенсивностью космических лучей I (станции Апатиты и Москва) и штормистостью P показывают опережение космическими лучами штормистости на 3 года, что с учетом анализа пар W-I и HL-I совпадает с результатами расчетов запаздывания P относительно W.

Отметим, что зависимость атмосферных явлений от факторов солнечной активности не сводится лишь к адекватному отображению процессов, росту или спаду величин их параметров на ветвях циклов солнечной активности (при анализе за малые интервалы выборок удастся проследить динамику поведения спектральных оценок), а оказывается процессом перестроек амплитуд и фаз набора относительно мелкомасштабных колебаний с периодами 3-4, 6 и 12 месяцев и крупномасштабных с периодами 2, 9-15, 20-28 и даже 80-90 лет. При этом существенным становится относительно постоянное запаздывание между штормистостью и солнечной активностью, позволяющее получить способ ориентировочной оценки среднего уровня штормистости с заблаговременностью в 1-2 года.

Исследования показали, что во временных рядах штормистости в Северном море (и в меньшей степени в Балтийском) можно различить четыре цикла:

Суточный, связанный с различиями в теплоемкости подстилающей поверхности;

Синоптический, возникающий в результате действия циклонов и антициклонов;

Годовой, связанный с сезонной пульсацией интенсивности энергоактивных зон Северной Атлантики;

Климатологический (многолетний), обусловленный различными геофизическими, гелиофизическими и тропосферными факторами.

Аналогичные выводы могут быть сделаны для климатологического цикла (из совместного анализа всех четырех процессов в рамках многопараметрической модели): W, P, I и Kp за весь 52-летний период содержат не только отчетливо выделяемые (с достоверностью больше 95%) 11-летние и квазидвухлетние вариации всех, без исключения, процессов, но и отчетливую структуру в области более низких частот (22-летние и вековые вариации).

Полученные спектральные оценки хорошо согласуются с результатами спектрального анализа энергообмена океан-атмосфера в Северной Атлантике [Пудовкин, 1992; Либин, 2007; Либин, 2009; Perez Peraza, 2011], которые демонстрируют временные масштабы климатологической и внутригодовой изменчивости, совпадающие со спектральными оценками штормистости, солнечной активности и интенсивности космических лучей.

I. Североатлантические ураганы

Ураганы считаются одним из самых удивительных метеорологических явлений на нашей планете и одним из самых мощных явлений в природе. Сильные ветры, облака большого размера и интенсивные шторма объединяются для продвижения по океану и достижения материка, разрушая все, что встречается на их пути. Поваленные деревья, разрушения зданий, изменения в природных ландшафтах и, наконец, фатальные человеческие жертвы, всего лишь некоторые из последствий этих непредсказуемых событий. В связи с большой интенсивностью (с ветрами, превышающими 350 км/ч), ураганы классифицируются как истинный источник стихийных бедствий: целые города исчезают под силой стремительного ветра. Ни одно устройство не может, в настоящее время, противостоять силе урагана; человек стал простым зрителем.

Ураганы всегда ассоциировались с ущербом, который они вызывают; они воспринимались в основном как причина человеческих и материальных потерь. Однако, необходимо отметить, что ураганы также дают и преимущества: увеличение количества осадков в регионах, где развитие сельского хозяйства зависит от осадков, а

также наполнение водой плотин и водоемов, жизненно важных для развития населения.

Слово «ураган» берет свое начало в коренных религиях древних цивилизаций. Майя называли своего Бога бури - Hunraken. Народы Карибского бассейна называли ураганы наказанием Бога Hunraken, проявлением злой силы.

Тропические ураганы - единственные стихийные бедствия, которым присваиваются имена. Эти имена известны задолго до их появления и, а также их возможных последствий, в отличие от других природных явлений, таких как землетрясения, торнадо и наводнения.

«Жилберто», «Катрина», «Мич» и «Исидоро», только некоторые из последних ураганов, являются примерами, которые помнят из-за очень серьезного ущерба, вызванного ими. Все эти явления объединены рядом общих характеристик, хотя каждое из них обладает и собственными особенностями.

Разрушения, вызванные ураганами в Карибском бассейне и Центральной Америке, это сила, которая изменила историю, и ее воздействие будет продолжаться в этих регионах и в будущем.

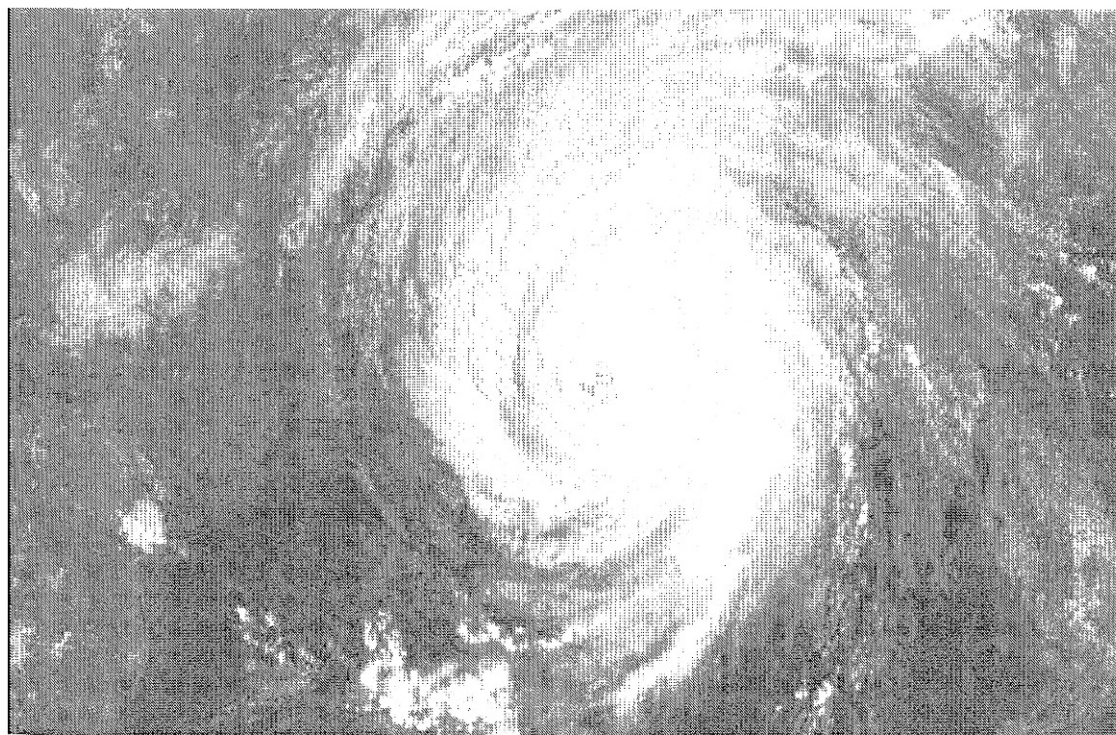


Рис. 2. Ураган «Катрина» (снимки со спутника). «Катрина» отнесена к категории 5

Опасность от ураганов рождается из сочетания факторов, которые характеризуют тропические бури: высота от уровня моря, сильные ветры и сильные осадки. Типичным примером месторасположения территории, максимально пострадавшей (прямо или косвенно) от большинства ураганов, которые образуются в западной части Карибского бассейна, является полуостров Юкатан (Мексика).

Необходимо иметь в виду, что многие из ураганов имеют диаметр, равный самому полуострову Юкатан, так что практически любой ураган, который формируется в Северной Атлантике, достигает восточных берегов полуострова и влияет в большей или меньшей степени на полуостров целиком [Wilson, 1980].

Чтобы дать представление о мощности ураганов, необходимо иметь в виду, что энергия, сосредоточенная в вихревой системе, составляет по разным оценкам 10^{16} Джоулей. Если мы считаем, что воздух, над поверхностью с диаметром ~ 800 км имеет массу $\sim 2 \times 10^{12}$ тонн, вращается со средней скоростью $\sim 15-20$ мс⁻¹, можно легко вычислить энергию $\sim 10^{11}$ кВт.

Это соответствует энергии, выделяющейся при взрыве более 2000 атомных бомб типа сброшенной на Хиросиму. И именно это объясняет разрушительные последствия ураганов, когда он касается населенных пунктов.

Североатлантические ураганы часто «нападают» на Карибские острова, побережье Мексики и Соединенных Штатов. Любой ураган, как правило, может отнять сотни человеческих жизней и причинить ущерб на миллиарды долларов. И практически каждый год один или два таких урагана опустошают эти регионы.

Как показано в работе [Elsner and Hara, 1999], ураганы относятся к числу самых опасных природных явлений. Ураган «Катрина», (рис. 2), уничтоживший не только Новый Орлеан, но и обширные территории штатов Луизиана и Алабама, является примером этого. Тропические ураганы иногда обусловлены слабым и неустойчивым ветром, что делает еще более трудно их предсказание.

Сегодня учеными прилагается немало усилий для понимания условий формирования и развития ураганов. Причем речь идет не

только о каждом конкретном урагане, но и о поведении всей циклонической деятельности в целом.

После сравнительно низкой активности ураганов в Атлантике в 1970-х и 1980-х годов (по сравнению с предыдущими 270 годами), наблюдается увеличение мощности ураганов в последние 30 лет. Кроме того, с начала 1990 года наблюдается общая тенденция к увеличению частоты тропических циклонов.

Именно поэтому, начиная с 2006 года (после «Катарины») исследования стали комплексными.

Это дает надежду, что объединение различных исследований в самых различных областях физики Земли, океана и атмосферы, а также физики космических лучей и экономических последствий ураганов, позволит в итоге справиться с задачей повышения точности прогнозов ураганов: предвидения возникновения ураганов, сложной траектории их движения, прогнозирования их вероятных разрушений, но главное, предупреждения населения за достаточное время до их появления.

Ураганы происходят в тропических регионах, где температура воды составляет около 26-27°C. Их возникновение характеризуются наличием большого (несколько сотен километров) центра низкого давления, вокруг которого с большой скоростью вращается воздух. Ураганы классифицируются в зависимости от их устройства (анатомии), интенсивности ветра, атмосферного давления и от потенциальных убытков, которые они могут вызвать.

В значительной степени за возникновение и развитие ураганов ответственно солнечное излучение, отвечающее за быстрое испарение воды с больших океанских площадей (во втором семестре каждого года), обуславливающее высокие скорости кругового ветра. Потoki воздуха рождаются в более горячих экваториальных водах океанов и двигаются со скоростью выше 60 км/ч., достигая вращательных скоростей порядка 350 км / час.

Несколько терминологических замечаний.

Тропический циклон - научный термин для закрытых метеорологических циркуляций огромной массы атмосферного воздуха, интенсивно вращающейся над тропическими водами. Таким образом, тропический циклон – система низкого давления, которая на-

ходится над горячей водой тропических океанов (между тропиками Рака и Козерога и, по крайней мере, 4-5° от экватора). Интенсивный нагрев, низкое давление и, в результате, мощное увеличение испарения и быстрое вращательное движение ветра. Это огромная система движется обычно с востока на запад и немного на север, но отклонения на Восток не исключение.

Эти исключения особенно опасны для западного побережья Мексики и США. Как правило, эти циклоны известны под названием ураганов. Если они образуются над Атлантическим и Северо-восточной части Тихого океанов. Мы используем далее равнодушно условиях циклонов и ураганов. Если они родились на западной части Тихого океана, их называют тайфунами. Из-за вращения Земли, они вращаются против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном полушарии.

В первые моменты формирования тропических циклонов, когда циркуляция закрытых изобар достигает скорости 18 м/с (<34 тыс. тонн или 61 км/ч), система именуются *Тропической Депрессией (ТД)* и рассматривается как *Тропический ураган (циклон)* в стадии становления.

Если скорость ветра колеблется от 18 до 32 м/с (34 до 63 тыс. тонн, т.е. 62-115 км/ч), то такая система уже называется *тропическим штормом (ТШ)* и каждому такому явлению присваивается имя.

Аналогичным образом, когда скорость ветра превышает 119 км/ч. (≥ 33 м/с), система получает наименование *ураган (Hurricane)* или тайфун.

Так что именно скорость принято считать определяющим начала урагана (над Атлантикой) или тайфуна (над Тихим океаном).

Ураганы (тайфуны) имеют определенное ядро низкого давления (ниже 930 hpa). С каждым годом развивается в среднем 10 тропических штормов в Атлантическом океане, Карибском бассейне и Мексиканском заливе, и около 6 из тех, в конечном итоге становятся ураганами.

За последние три года, на североатлантическом побережье наблюдалось (в среднем в год) пять ураганов, два из которых были сверхмощными. В целом, тропические депрессии и тропические шторма менее опасны, чем ураганы, однако они тоже могут быть

чрезвычайно опасными, при этом, ветры депрессий и тропических штормов не самое опасное, что может ждать население побережья.

Интенсивные дожди, наводнения и суровые природные явления, как торнадо, являются гораздо большей угрозой.

Ураганы могут быть описаны как турбулентность явлений, вызванных движениями горячего воздуха, который формируется летом в тропических регионах, и движущихся к Северному полюсу, компенсирующих разницу в температуре между экватором и полюсом. (Обратное движение с севера на юг компенсирует разницу в давлении).

Эта циркуляция ветров с севера на юг и с юга на север в северном полушарии, вместе с ежедневным вращением Земли, приводит к тому, пассаты, являются основными факторами для создания ситуаций, которые могут образовывать ураганов.

Еще одним условием для формирования урагана - температура поверхности океана в качестве источника необходимой энергии (должно быть $\geq 26^{\circ}\text{C}$). В этих условиях, столб из горячего и влажного воздуха возникает в океане и становится ядром, вокруг которого вращаются ветра, формируя то, что называется «оком» урагана.

Соседние воздушные массы постепенно вовлекаются во вращение и диаметр вихря в целом распространяется на 500-1000 км. При дальнейшем увеличении круговой скорости (которая достигает иногда 150-160 тыс. тонн или 80 м/с), вихрь распространяется на гигантскую площадь (кольцо диаметром в несколько сот километров). Как прежде было сказано, в центре урагана находится относительно спокойная область («око» урагана).

Вокруг нее, вращательная скорость наибольшая. С увеличением круговой скорости, вихрь распространяется на гигантское кольцо с диаметром в несколько сотен километров (см. табл. 1). В движении всей системы с востока на запад образуется «коридор» около 1000 км в ширину. Система постепенно усиливает скорость вращения ветра, просто за счет охлаждения горячей поверхности океана [Керри, 2006].

Траектории движения по океану такой системы (иногда в течение 20-30 дней), представляют собой сложные кривые, зачастую напоминающие броуновское движение. При этом, потери энергии

системы обычно происходит, когда ураган движется внутри прибрежных районов, а сама система движется в сторону суши.

Таблица 1

Основные параметры ураганов

Параметры	Пределы	Значения	Единица измерения
Диаметр (D)	200–1300	500	км
«Око» урагана	6-80	50	км
Скорость вращения	0-33	0-33	м/с
Время жизни	1–30	8	дни
Кинетическая энергия	4-8	6	Twh
Скорость ветра	–	33	м/с
Источники энергии	Latent Heat Release		
Энергетический эквивалент	2000 бомб типа сброшенных на Хиросиму		
Количество наблюдений	200,000, начиная с 1700 года		документально подтвержденные наблюдения
Причиненный ущерб с 1900 г.	1.180 млрд.		Доллары США

Энергия, которая требуется урагану для поддержания своей деятельности, поступает от выделения тепла, возникающего в процессе конденсации паров воды, испаряющейся с поверхности океана, способствующей образованию облачности и сильным осадкам. Когда ураган входит на континент, он быстро теряет свою мощность из-за прекращения (остановки) процесса сильного испарения с по-

верхности. Ураган работает как паровая машин, обеспечиваемая топливом в виде жаркого и влажного воздуха.

Когда солнечные лучи нагревают воды океана, влажный воздух также нагревается, расширяется и начинает подниматься вверх. Более влажный воздух замещает воздух, поднимающийся вверх, и процесс повторяется вновь и вновь. Вращение Земли в конечном счете дает круговое движение всей этой системе, которая начинает вращаться и двигаться, как гигантский волчок. Как и во всех ураганах, движение осуществляется по часовой стрелке в южном полушарии и против часовой стрелки в северном полушарии.

Все тропические депрессии, из которых возникают ураганы, возникают практически в одних и тех же условиях, и они сохраняют похожие метеорологические характеристики в течение всей их жизни. Физические различия, которые могут быть выявлены при сравнениях, связаны с различиями в скорости продвижения и временах существования депрессий.

Недавние исследования формирования ураганов отмечают, как основное, наличие условий для циркуляции воздуха и преобразования освобожденной энергии в результате конденсации паров воды, содержащейся в воздухе над обширной поверхностью. Такие условия подтверждают наличие какого-то механизма, который вызывает и поддерживает вертикальное движение, необходимое для конденсации пара, и вместе с ним, для освобождения скрытой тепловой энергии.

Эти условия выполнимы, когда температура морской воды в конкретной области, как мы говорили ранее, равна или выше 26°C , когда расстояние от одного до любого побережья превосходит 400 км, когда конвергенция, связанная с какими-либо возмущениями существует (имеются в наличии тропические волны, полярные воды, и граница или область межтропической конвергенции). Условия неустойчивости состояния атмосферы способствуют образованию урагана в регионе неустойчивости, существует четкая взаимосвязь между наличием неустойчивости и формированием тропических ураганов.

Высокая температура океанской воды и высокая относительная влажность воздуха в атмосфере и нижней тропосфере являются обязательными требованиями к развитию ураганов.

На рис. 3. показана карта летней поверхностной температуры моря в Северном полушарии. Из рисунка видно, что в океане достаточно горячей воды, чтобы поддерживать ураганы. Другим необходимым условием для организации циркуляции внутри региона, в котором происходит восхождение воздуха и освобождение скрытой теплоты испарения, является то, что они происходят на широтах до 5° , так как в нижних широтах эффект Кориолиса (вращение земли) имеет очень низкие значения.

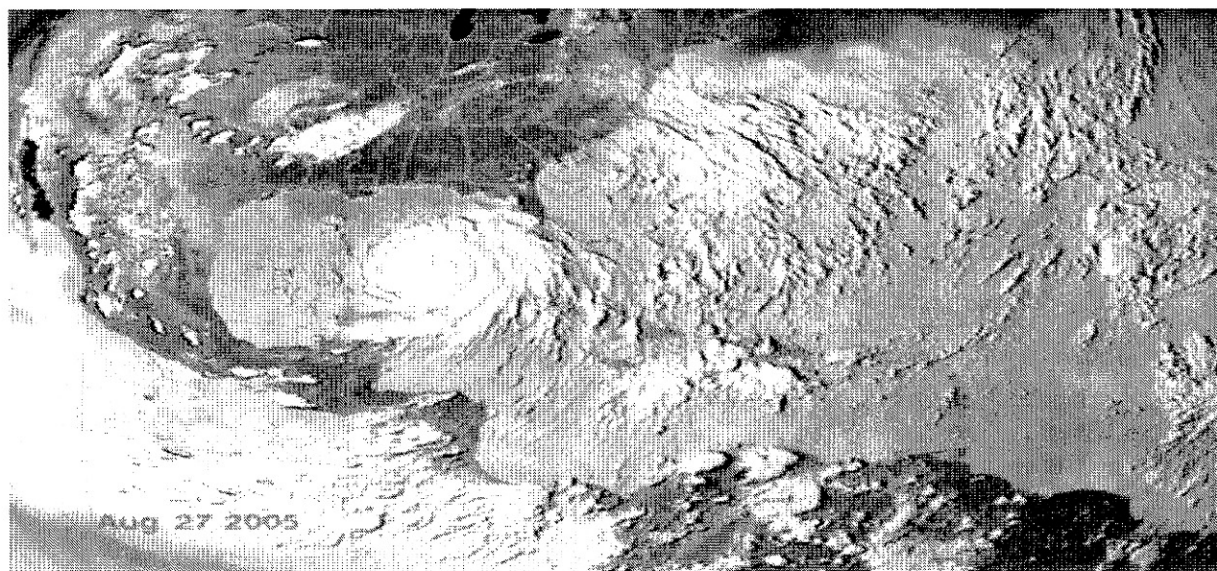


Рис. 3. Ураган «Катарина» и поверхностная температура океана (SST)

Именно поэтому, ураганы формируются и усиливаются в тропических и субтропических океанах в обоих полушариях, где сила вращения Земли достаточно сильна, так что движение начинается вращением вокруг центра низкого давления при температуре воды на поверхности порядка $26,5^\circ$ или теплее. Основным регионом развития для тропических циклонов является бассейн, ограниченный 25 и 60 градусами долготы и на 8 и 23 градусов северной широты, где условия для генезиса ураганов идеальны и практически неизменны.

В зависимости от скорости вращения, которая крайне превышает >300 км/ч, ураганы классифицируются несколькими способами, как правило, основанными на значениях скорости ветра и их разрушительной силе.

В 1969 году Организация Объединенных Наций запросила оценку ущерба, порожденного прохождением ураганов. Начиная с этого времени, американский инженер Герберт Саффир и тогдашний директор Национального центра ураганов США Роберт Симпсон, разработали методику измерения масштаба урагана (ранг), чтобы оценивать потенциальный ущерб, который он может вызвать, учитывая минимальное давление, ветры и прилива после его прохождения.

Теперь это всемирно известная шкала Саффира-Симпсона, состоящая из семи категорий: Тропическая Депрессия, Тропический Шторм и пять категорий ураганов (от ураганов типа-1 до типа-5, см. табл. 2). Необходимо отметить, что независимо от категории урагана, нанесенный им ущерб может быть существенно выше, нежели рассчитанный. Во многом, это связано с непредсказуемым зачастую поведением скорости урагана и связанными с этим океаническими явлениями [Perez Peraza, 2011].

Таблица 2

Шкала Саффира-Симпсона (максимальная вращательная скорость урагана)

Шторм	knots	Скорость, ам/ч	Скорость, м/с
TD	30-34	56-62	15-17
TS	35-64	63-119	18-32
H1	85-82	119-153	33-42
H2	83-95	154-177	43-49
H3	96-113	178-209	50-58
H4	114-135	210-249	59-89
H5	≥135	≥249	>69

Согласно этой шкале, эволюция урагана выглядит следующим образом:

- Рождение (тропическая депрессия): образуется своеобразная атмосферная депрессии, потому что ветер начинает увеличивать-

ся на поверхности (с максимальной скоростью 62 км/ч или менее), появляются низкие облака и снижается давление (почти до 1000 гектопаскалей, hPa);

- Развитие (тропический шторм): тропическая депрессия развивается и приобретает характер тропического шторма, что означает, что скорость ветра продолжает увеличиваться от 63 до 117 км/ч; облака распространяются по всему видимому небосклону и начинают формироваться небольшой глаз («око») урагана, почти всегда круглой формы, а давление снижается менее 1000 hPa. Именно в этой фазе, ураган получает имя, соответствующее списку, сформулированному Всемирной метеорологической организацией (Комитет Ураганы).

- Действие (ураган): тропический шторм усиливается и приобретает характер урагана. Ветер достигает максимальной скорости, иногда даже 370 км/ч, область урагана и облачность расширяют свои границы до размеров между 500 и 900 км (диаметр), возникают интенсивные осадки. Формируется ярко выраженный глаз урагана (спокойная зона, свободная от облаков), диаметр которого в различных случаях варьируется от 24 до 40 км. Мощность ураганов в этой стадии оценивается с помощью масштаба 1-5 по шкале Саффира-Симпсона.

- Диссипация (Финальная фаза урагана Final Phase): давление в центре системы начинает увеличиваться, ветры постепенно снижаются, начинается ослабление системы. На этой стадии, ураганы, которые проникают на сушу, становятся экстра-тропическими ураганами. Центральным фактором в финальной стадии урагана является недостаток энергии для дальнейшего развития, связанный с отсутствием «подпитки», представляемой теплыми водами. Другая причина диссипации урагана заключается в том, что на суше у урагана «возникают проблемы», связанные с трением с неровной поверхностью земли, которое провоцирует диффузионное расширение облачности и связанное с этим диссипации в сильный дождь. Дополнительным фактором является то, что ураган встречается с холодными воздушными массами.

На рисунке 4 мы представляем некоторые изображения, которые были сделаны в течение 6 дней, в течение всех этапов разви-

тия урагана «Флойд»: на фото 1 - мы видим хорошее тропическое возмущение, которое способствует появлению тропической депрессии. 12 часов спустя, на фото 2, мы видим, развитие тропической депрессии. На фото 3, депрессия усилилась и превратилась в тропический шторм. На фото 4 уже можно наблюдать ураган категории - 1 и, наконец, на фото 5 наблюдается ураган категории - 4 .

Интенсификация Тропических циклонов зависит от многих факторов [DeMaria et al., 1993], включая теплосодержание океана, близость к земле, и т.д. Как было сказано ранее, ураганы формируются и усиливаются, когда они находятся в тропических и субтропических океанских водах (в обоих полушариях), когда сила вращения земли (Кориолиса) достаточно сильна, так что движение начинается вращением вокруг центра низкого давления в условиях высокой поверхностной температуры океанской воды.

Расположение основных районов (возникновения ураганов) не являются стабильным, так как это связано с положением центров максимального разогрева морской воды, которые, в свою очередь, находятся под влиянием холодных течений Калифорнии и экваториальных теплых против течения в Тихом океане, а также теплого течения «Гольфстрим».

Анализ траекторий тропических ураганов, показывает, что не существует прибрежных районов Мексики, свободных от угрозы

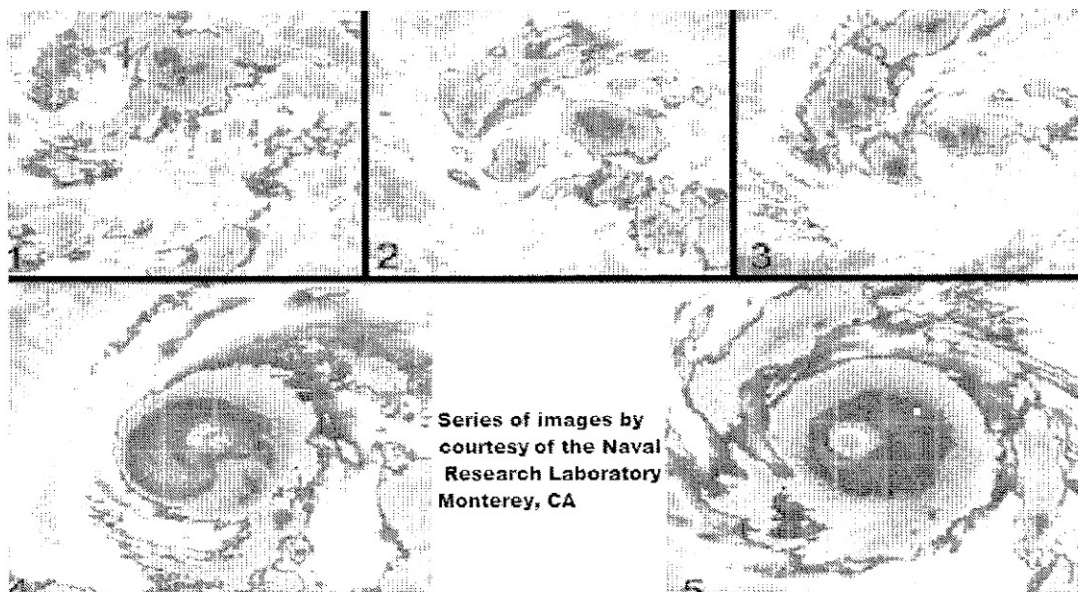


Рис. 4. Серия изображений Урагана «Флойд», 1999

тропической депрессии. В Мексиканском заливе и в районе тихоокеанского побережья, страна уязвима к воздействию тропических штормов, хотя их поведение на обоих побережьях проходит по-разному.

Депрессии, которые создаются на юго-востоке Мексики, в частности, в заливе Кампече, обычно идут к северу. Движение ураганов в Карибском бассейне направлено к западу к побережью Центральной Америки, пересекая полуостров Юкатан. Когда они пересекают его, они конечно замедляются, но незначительно из-за узости полуострова. Поэтому, когда после Юкатана они попадают в Мексиканский залив, то находят там все необходимые условия для «подпитки» урагана (теплая вода). Поэтому их восстановление и продолжение своей разрушительной работы – вопрос времени.

В исследовании о деятельности депрессий в Северной Атлантике в течение первой половины прошлого века, некоторые ученые обнаружили, что более 78% депрессий произошло в Мексиканском заливе (начиная с 1932 года) и только 36% достигли ураганной силы; продолжительность этих депрессий было около 4,4 дня, а ураганов 2,2 дня. Короткая продолжительности и низкая частота депрессий были обусловлены замкнутой формой самого залива, так как бури быстро достигали побережья и затем исчезали.

Полуостров Юкатан является наиболее пострадавшим от депрессий и из общего числа упоминаний ураганов, Юкатан фигурировал в качестве пострадавшего в 46% случаев. В последние два десятилетия резко увеличилась частота и интенсивность ураганов в этом регионе, среди которых особенно выделялись «Gilberto» (в сентябре 1988 года) и «Mitch» (в октябре 1998 года).

Сезон ураганов дает возможность сделать принципиальные выводы: как правило, между маем и ноябрем движение климатических потоков (от экватора в направлении полюсов) несут с собой высокие температуры, обусловленные теплом воздуха и морской воды, уступая место появлению области низкого давления. Следовательно, в формировании урагана должны присутствовать следующие обязательные элементы:

- Давление: наличие зоны конвергенции на низких атмосферных уровнях и на поверхности океана, низкое давление на уровне моря.

- Температура: больше 26°C: При такой температуре вода океана испаряется на требуемом уровне, так быстро, что система формируется. Этим достигается то, что процесс испарения и возможной конденсации водяного пара в виде облаков обеспечит освобождение необходимой энергии, которая даст силу системе для создания сильного ветра и дождя. А, так как в тропических районах температуры, как правило, высокие, они стабильно «производят» необходимые условия.

- Влажность: Для возникновения ураганов необходимо выделение энергии, для чего (при высокой температуре) должна быть весьма высокая влажность, что в тропических морях происходит с большей легкостью.

- Ветер: наличие теплого ветра вблизи поверхности моря обеспечивает сильное испарение, так что теплый воздух начинает подниматься вверх (уступая место холодному, который быстро нагревается), что позволяет процессу испарения продолжаться. В высоких слоях атмосферы скорость ветра должна быть слабой, так что структура остается нетронутой, и цикл не прерывается.

- Вращение (спираль): вращение Земли дает круговое движение всей системе, которая начинает вращаться и двигаться, как гигантский волчок. Такое вращение осуществляется по часовой стрелке в Северном полушарии и в противоположную сторону - в южном.

Наконец, стоит отметить, что метеорологи ведут наблюдения ураганов в Северной Атлантике, которые датируются с 19 века. За последние полвека, эти записи на основе широкого спектра измерений, включая корабли и наблюдения метеостанций на Земле, аэрологические зондирования на воздушных шарах и самолетах-разведчиках.

В последнее время, в состав наблюдений также были включены радиолокационные и спутниковые наблюдения. Географическое положение центра ураганов («око») и скорость вращения измеряются и публикуются каждые 6 часов.

II. Корреляционный анализ Североатлантических циклонов

Для выявления причинно-следственных связей между конкретными резкими изменениями геомагнитного поля и интенсивности

космических лучей и соответствующими значениями усиления урагана использовались методы корреляционного [Либин, 2009] и авторегрессионного [Перес Пераса, 2011] анализа, применение которых дает возможность получения немедленного (не с задержкой) отношения между процессами.

Для анализа использовались данные одновременных наблюдений 1950-2007 гг. (в периоды возникновения и развития североатлантических ураганов). Особое внимание обращалось на ураганы, которые поразили восточное побережье Мексики.

Корреляционный анализ солнечных и климатических процессов зачастую дает интересные результаты [Либин, 1992; Либин, 1998; Либин, 2009; Перес Пераса, 2010]). В этом контексте в ряде работ [Elsner and Kavlaikov, 2001; Kavlaikov, 2008a, б; Перес-Пераса и др., 2008; Либин, 2009] было проделано несколько попыток, чтобы найти возможные взаимосвязи между возникновением и развитием атлантических ураганов и изменениями геомагнитной активности и космических лучей (КЛ) во время резких изменений интенсивности космических лучей (Форбуш-Эффекты), которые, в свою очередь, связаны с изменениями солнечной активности (SS индекс).

Авторы попытались изучить возможные связи изменений интенсивности космических лучей (ИКЛ), солнечной (SS) и геомагнитной (Ар и Кр-индексы) активности с процессами, происходящими в атмосфере, задолго до образования Атлантических ураганов. Основная гипотеза исследования состояла в том, чтобы обнаружить какие-либо конкретные изменения параметров в дни, предшествующие появлению циклонов, которые можно будет использовать в качестве предшественника приближается урагана.

Для выявления связи между ураганами и космо-геофизическими параметрами были исследованы статистические зависимости между конкретными резкими изменениями геомагнитного поля Земли и поведением интенсивности космических лучей и соответствующими значениями усиления урагана.

Например, во время изучения поведения интенсивности урагана Катрина, было обнаружено, что сильное изменение геомагнитного поля (Кр и Ар-индексы) наступило за 5 дней до максимального значения интенсивности урагана (рис. 5). С другой стороны, так-

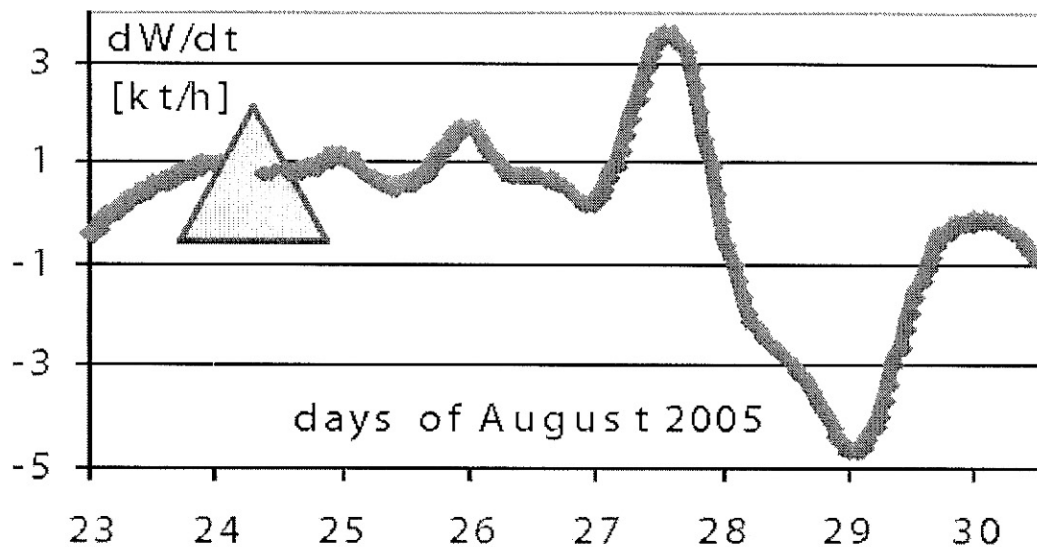


Рис. 5. Сильные геомагнитные возмущения (треугольник) выявлены за 5 дней до максимальной интенсивности ураганов

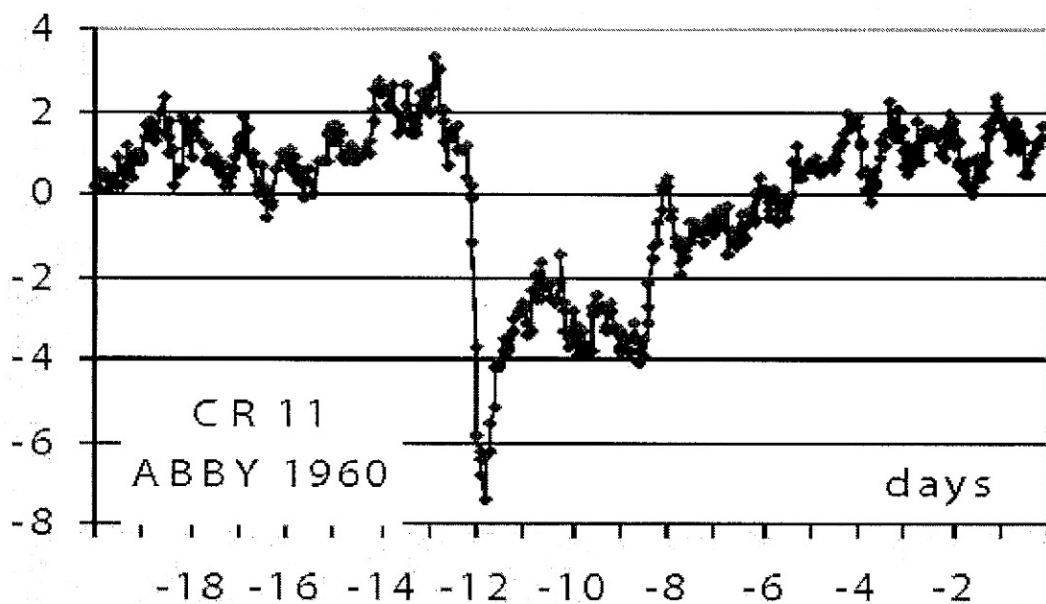


Рис. 6. Форбуш-эффект ИКЛ (7,6%) наблюдался за 12 дней до начала урагана Abby

же наблюдались связь между возникновением ураганов и резкими изменениями космических лучей во время Форбуш-понижений (Форбуш-эффектов).

При этом, изменения интенсивности ураганов Abby (1960) и Celia (1970) возникали через 5-12 дней, после наблюдаемых в космических лучах Форбуш-понижений (рис. 6 и 7).

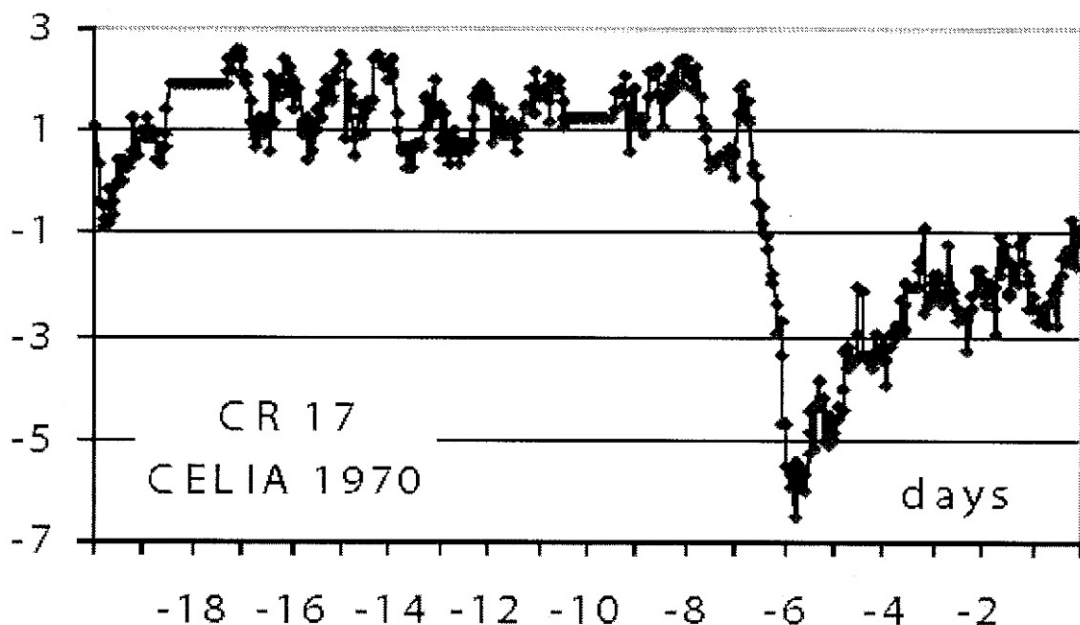


Рис. 7. Форбуш-эффект ИКЛ (6.57 %) наблюдался за 12 дней до начала урагана Celia

Выявленные факты заставили разные коллективы исследователей начать детальное изучение гео- и космофизических явлений (ИКЛ, SS, Ap и Kp) и их возможных статистических связей (в качестве предикторов) с возникновением ураганов. В этом контексте (в рамках стандартных метеорологических моделей), для построения возможной модели качественного прогноза ураганов, были выполнены многочисленные исследования, отраженные в работах [Либин, 2009; Perez Peraza, 2011].

Авторами было проанализировано поведение космических лучей по данным мировой сети станций (ИКЛ), солнечная активность (SS-индекс) и геомагнитные индексы (Ap) и (Kp) на длинных интервалах развития Североатлантических циклонов. Анализу подвергались данные за 15-20 дней до возникновения циклона и в течение того же срока после.

Для решения поставленной задачи было предпринято два подхода:

II.1. Параметризация активности ураганов на основе их интенсивности (максимальная скорость вращения)

В работе [Elsner, 2001] исследовалась возможная статистическая связь между вариациями геомагнитной активности в магни-

тосфере и интенсивностью ураганов над Северной Атлантикой. На базе ежедневных значений K_p и интенсивности ураганов была выявлена положительная корреляция между усредненным показателем K_p глобальной геомагнитной активности и максимальной постоянной скоростью ветра в ураганах.

Позднее [Kavlakov 2005], для анализа были отобраны все «крупные ураганы» (категории-3, -4, -5, то есть с максимальной скоростью вращения более 95 узлов (170 км / ч)) за период 1954-1999 гг. Для того чтобы избежать какого-либо дублирования влияния одного урагана на другой, из анализа были исключены все события, «временные расстояния» между которыми составляли менее 35 дней. Было найдено всего 39 ураганов.

Космические данные (ИКЛ) были взяты по 14 нейтронным мониторам станций космических лучей, окружающих Атлантический океан и находящихся в Европе, Северной и Южной Америке. (В периоды, когда некоторые из станций не работали, была применена методика учета соответствующих статистических весов данных).

Полный набор ежедневных значений числа солнечных пятен (SS) для исследуемых периодов был взят из веб-сайта Национального центра геофизических данных в Боулдере, штат Колорадо, США.

A_p и K_p -индексы, которые описывают состояние геомагнитного поля, были взяты с сайта GeoForschungs Zentrum, Потсдам, Германия, как сумма 8 абсолютных 3-часовых значений за каждый день в течение тех же изучаемых 45 лет.

Из всего набора отобранных данных использовались только данные, входящие в интервал: 34 дня до момента, когда каждый из рассмотренных ураганов достигает своей максимальной скорости вращения (M -день), и несколько дней после M -дня. Результаты наблюдений были сведены в следующие три ряда: изменения ИКЛ до M -дня (рис. 8), изменения SS (рис.9) и изменения A_p (рис.10). Индекс K_p близок к индексу A_p .

Полученные результаты показывают, что специфические изменения в солнечной активности, интенсивности КЛ и геомагнитном поле предшествовали появлению крупных Североатлантических ураганов. Как видно из рис. 6 и 7, изменение интенсивности космических лучей в периоды Форбуш-понижений (ФП) начинались как

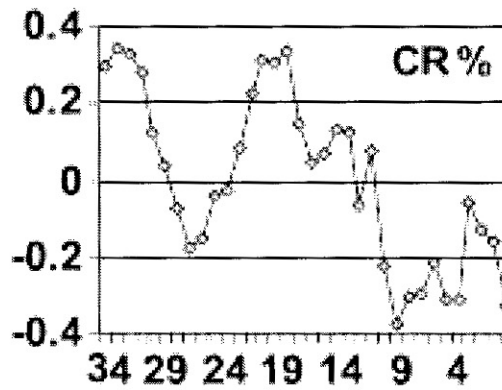


Рис. 8. Изменения ИКЛ предшествующие М-дню

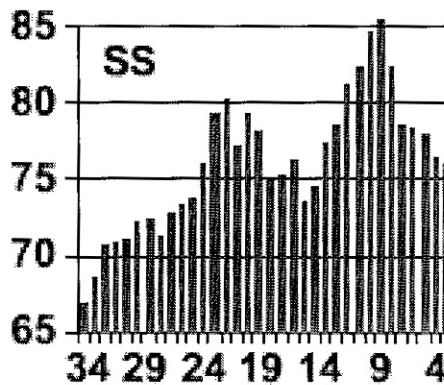


Рис. 9. Изменения SS индекса, предшествующие М-дню

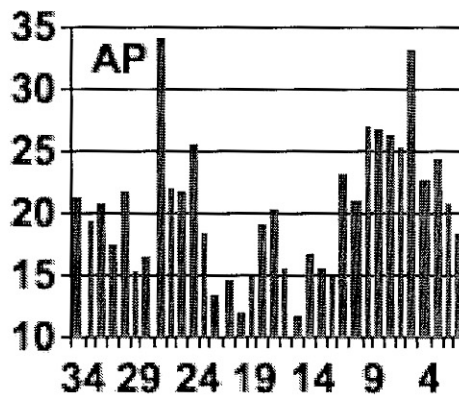


Рис. 10. Изменения Ap-индекса, предшествующие М-дню

раз 6-12 дней до появления урагана. Соответствующие амплитуды этих изменений часто хорошо заметны даже в случае использования данных отдельно взятой станции космических лучей.

Аналогичную картину демонстрируют и Ap и Kp-индексы: налицо та же тенденция предшествования урагану за несколько дней до М-дня. В частности, установлено, что за 2-3 дня до и после мак-

симального значения Кр-индекса, усиление урагана гораздо выше, чем в среднем.

Важно подчеркнуть, что все эти изменения одинаковы для всех ураганов и происходят в примерно одно и то же время. Существование устойчивых качественных предвестников для выбранного типа ураганов, превышающих категорию-2, должны быть принято во внимание при построении количественных прогнозов [Либин, 2009].

Кроме того, полученные конкретные изменения изучаемых параметров должны быть приняты во внимание, когда сложные процессы в верхних слоях атмосферы используются для определения момента и интенсивности образования урагана.

Н.В. Сочетание особых изменений солнечной и геомагнитной активности с Форбуш–эффектами интенсивности КЛ (как показано, например, на рис. 8) должны повысить внимание к регионам зарождения ураганов. Это особенно актуально для летнего периода, когда такие одновременные наблюдения должны быть приняты в качестве раннего показания к повышенной вероятности образования ураганов. Конечно, наблюдения всех метеорологических параметров должны быть приняты во внимание в первую очередь.

II.2. Параметризация деятельности ураганов с точки зрения их мощности

Первая производная от скорости вращения, в предположении, что изменения в скорости вращения отражают энергию и динамику урагана. [Kavlakov. 2008, б, в].

Исследования, представленные в предыдущих разделах, были расширены в последние годы [Kavlakov. 2008, б, в], когда анализу подверглись не только ежесуточные, но и часовые значения всех исследуемых параметров. Полученные результаты показали отсутствие необходимости разделения тропических циклонов по категориям, так они оказались схожими для всех без исключения ураганов.

Для дальнейшего, необходимо отметить, что термины «усиление» и «углубление» урагана, относятся к стали его развития (положительная интенсификация урагана), в то время, как термины

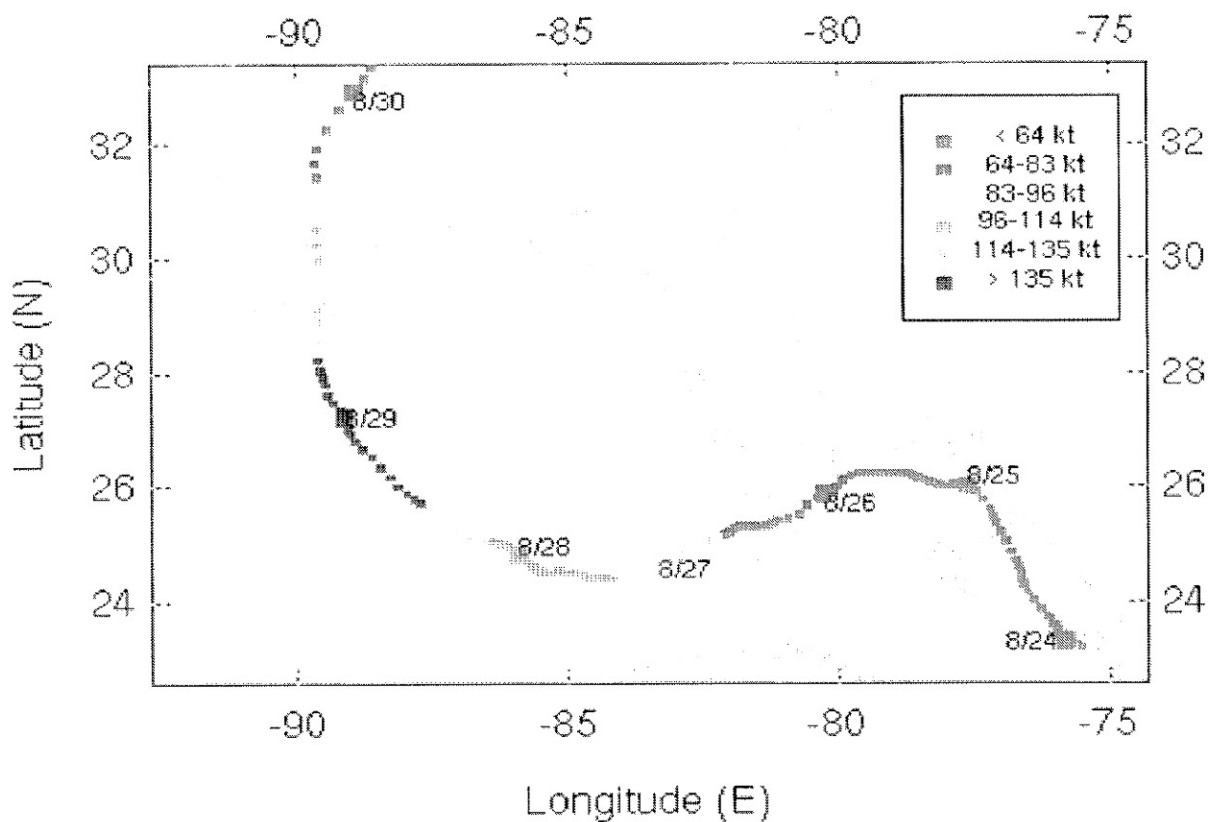


Рис. 11. График движения (трек) урагана Катрина. Местонахождение урагана каждый час (интерполяция трехчасовых значений), начиная с 2100 UTC 23 августа над южными Багамами.

Цвет обозначает интенсивности штормов (как указано в правом верхнем углу рисунка). Максимальная постоянная скорость ветра (тыс. т). Дата (месяц/день) показана на 0000 всемирного времени (UTC)

«затухание» используются исключительно для стадии диссипации (отрицательная интенсификация).

Интерес представляет изучение развития (интенсификации) урагана во время геомагнитных возмущений (индекс Кр широко используется в ионосферных и магнитосферных исследованиях и признается в качестве измерения величины геомагнитной активности по всему земному шару). Для анализа ураганов использовались данные максимальной скорости ветра (интенсивность) для всех тропических циклонов (ураганов и тропических штормов) над Северной Атлантикой (которая включает Атлантический океан, в целом,

Мексиканский залив, а также Карибское море, в частности) за период 1951-2009. Шестичасовые данные были получены из Базы данных ураганов (HURDAT or best-track), которую ведет Национальный центр ураганов (the National Hurricane Center, NHC). Впоследствии, 6-часовые данные были преобразованы в часовые значения с использованием кубической интерполяции сплайн. В качестве примера (рис.11) показаны часовые значения интенсивности урагана Katrina в 2005 году.

Интенсивность (интенсификация [Kavlaikov, 2008, б,в]) тропического циклона - производная по времени от скорости. И хотя было заманчиво использовать простую процедуру конечных разностей для аппроксимации производной, порядок ошибок этой процедуры соизмерим с самими результатами. Поэтому, часовое значение интенсификации оценивалась по асимметричному интервалу из 6 точек (3 слева, 2 справа) 3-степени Савицкого-Голея фильтра первой производной, что значительно снижает ошибки.

Часовые значения интенсивности были получены для всех тропических циклонов (ураганов и тропических штормов), в общей сложности для 105.638 часов за период 1951-2005. На рис.12 приведен график временного ряда часовых значений интенсивности для урагана Катрина (Katrina).

В работе [Kavlaikov, 2005] было исследовано поведение Кр-индекса и некоторых других параметров до начала дня М (начало урагана). В последующих работах [Kavlaikov, 2008, б, в] для удобства (и в связи с тем, что геомагнитная активность рассматривается как предиктор для ураганов) за нулевой день (0-день) был принят не день начала урагана, но, напротив, - день с самым высоким значением Кр-индекса.

Считаем важным отметить, что данные Кр были получены из американского Национального управления океанических и атмосферных исследований США (U. S. National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA). Были отобраны дни, окружающие Кр событие с максимальными значениями (называемых здесь Кр день). День Кр определяется как тот, в котором ежедневно индекс Кр превышает 420, или более чем на 70% выше долгосрочного среднего уровня.

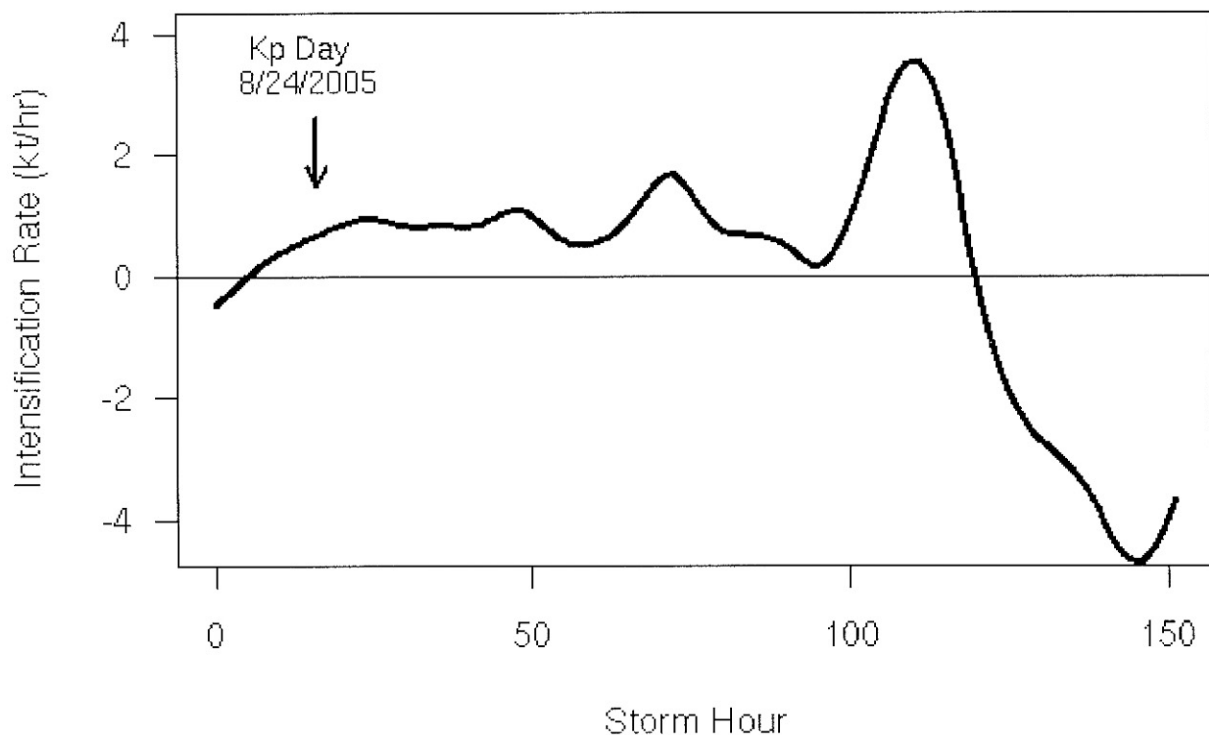


Рис. 12. Интенсификация урагана Катрина. Усиление скорости в кт/час дается каждый час в течение жизни тропического циклона, пока он проходит к северу от 33 градусов северной широты. Стрелка указывает максимум Кр индекса. Расположение 09.00 UTC на 24 августа 2005, когда Кр - индекс достиг значения 8,7

Таким образом, мы отобрали 224 Кр дней, в течение сезона ураганов (месяцы с мая по ноябрь) в период 1951-2005, перекрывающие часы всех отобранных штормов.

Ежемесячное (рис. 13, верхний рисунок) распределение Кр дней показывает, в скольких из 224 дней, высокие Кр-индексы в каждом из месяцев были достаточно однородными (с максимальным в течение сентября и минимальным в июне). Ежегодное распределение (Рис.13, нижний рисунок) показывает наличие в Кр днях известного 22-летнего солнечного цикла.

Полученные результаты не обнаруживают существования более длинного тренда за исследуемый период (по крайней мере, без применения специальных методов авторегрессионного АРМА-анализа). С другой стороны, из полученных результатов видна тенденция к усилению (приблизительно в сентябре) с течением времени числа тропических циклонов (рис. 14).

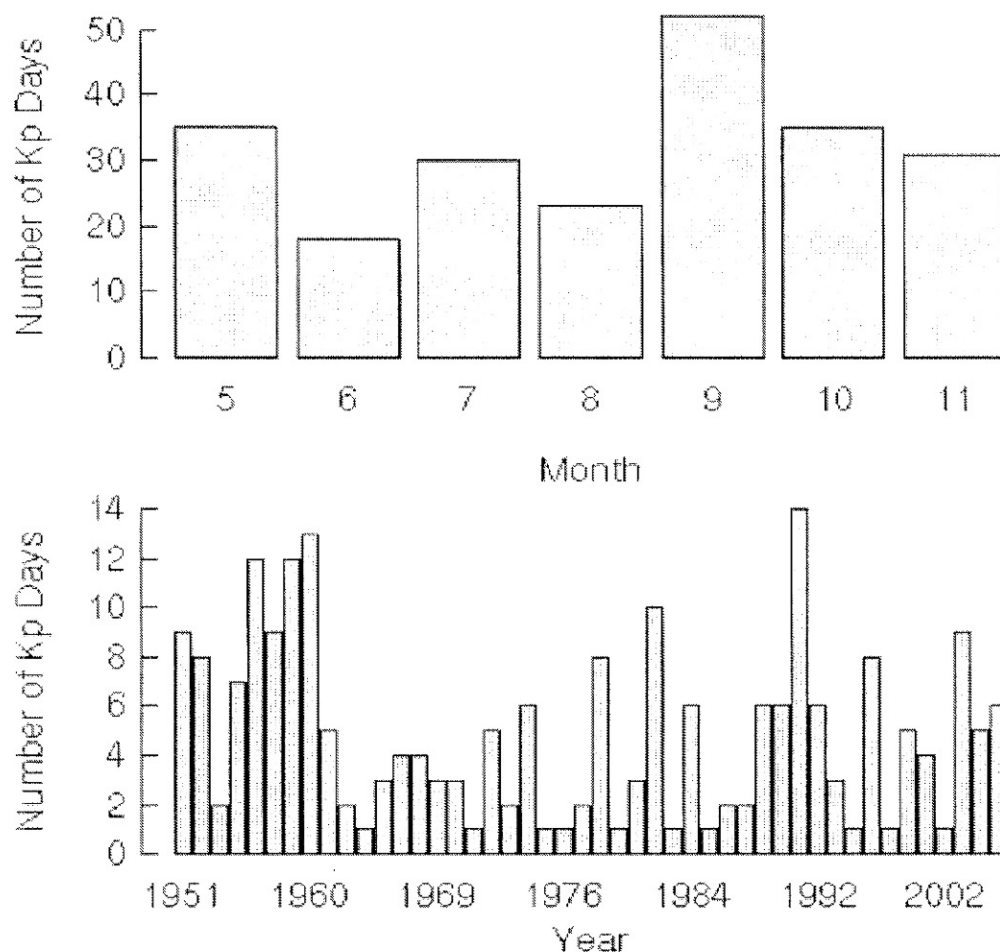


Рис. 13. Распределения Кр-дней (ежемесячные и ежегодные) за период 1951-2005

II.3. Интенсивность тропических циклонов относительно Кр-дня («0» день)

Проведен статистический анализ взаимосвязи между геомагнитными возмущениями и интенсивностью (интенсификацией) ураганов.

Анализ проводился осреднением значений интенсивности урагана в течение 5 дней по центру с Кр-днем. Для всех 105.638 анализируемых часов активности тропических циклонов, средняя скорость интенсификации составляла 0,0342 тыс. т/час, что равно 4,1 тыс.т. по любому 5-дневному интервалу. Это сопоставимо со средней скоростью интенсификации 0,0713 тыс.т/ч (или 8,56 тыс.т) в течение 5-дневного периода на основе 10 995 часов интенсификации (108 отдельных тропических циклонов) плюс/минус 2 дня от Кр-дня.

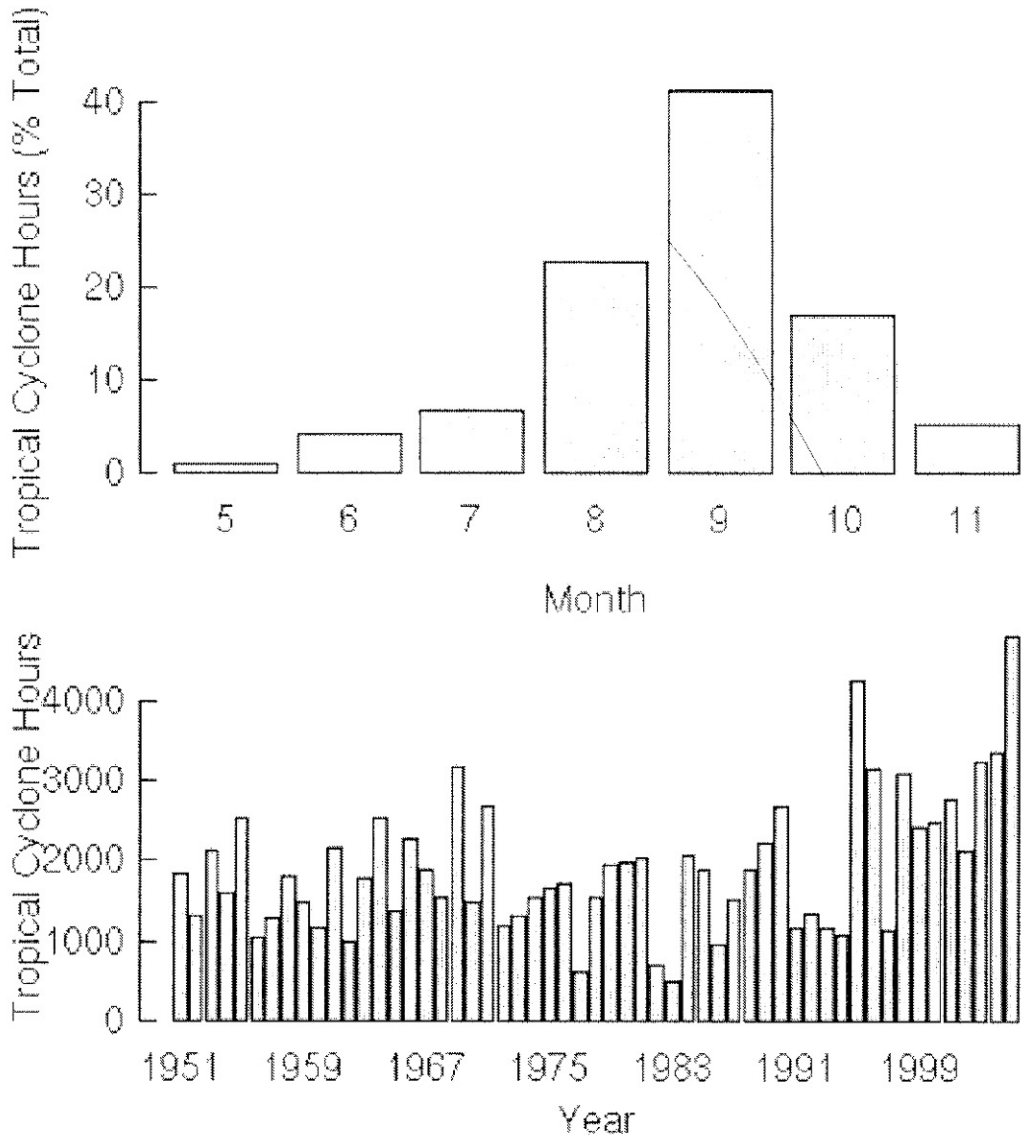


Рис. 14. Ежемесячные и ежегодные распределения часовых значений интенсивности тропических циклонов

Видны высокие значения интенсивности (64 тыс. т) в периоды, близкие к Кр-дням, в среднем практически для всех тропических циклонов. Результаты анализа представлены в таблице 3.

Для проверки значимости этих различий мы случайным образом присвоили различным дням значения Кр-дня и сравнили среднюю скорость интенсификации (bootstrapped rate) за пятидневные периоды, сосредоточенные вокруг этих случайных дат.

После многократных повторений этой процедуры (200-1000) было подсчитано количество «bootstrapped rate» со значениями интенсивности выше 0,0713 тыс.т/час. Распределение тестовых значений приведено на рис. 15.

Таблица 3

Результаты статистического анализа взаимосвязи между геомагнитными возмущениями и интенсивностью ураганов

	"0" days	Cyclones		Average (dW/dt) [kts/hour]	Average (dW/dt) [kts/5days]
		n	hours		
Over whole Atlantic region					
All		603	105638	0.0342+/-0.006	4.10+/-0.07
KP _{max}	224	108	10995	0.0713+/-0.008	8.56+/-1.02
FE	166	96	7691	0.0546+/-0.0095	6.5+/-1.1
Only over hot waters					
All		131	17579	0.313+/-0.04	37.6+/-1.9
KP _{max}	224	26	2230	0.543+/-0.12	65.1+/-14.4
FE	166	25	2104	0.363+/-0.216	43.6+/-25,9

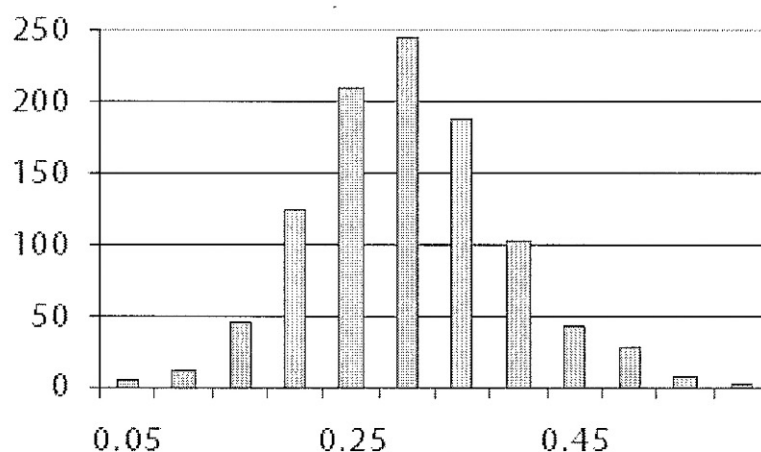


Рис. 15. Распределение «bootstrapped rate» значений

Необходимо отметить, что полученные «тестовые» распределения не дают значений больших 0,12 для всех циклонов, 0,13 для слабых циклонов, и 0,10 для сильных циклонов, что подтверждает отсутствие случайной составляющей в выводах о возможном влиянии геомагнитных возмущений на возникновение ураганов.

Интенсивность (интенсификация) тропических циклонов зависит от многих факторов [DeMaria and Kaplan, 1999], в том числе теплосодержания океана и близости к земле региона образования

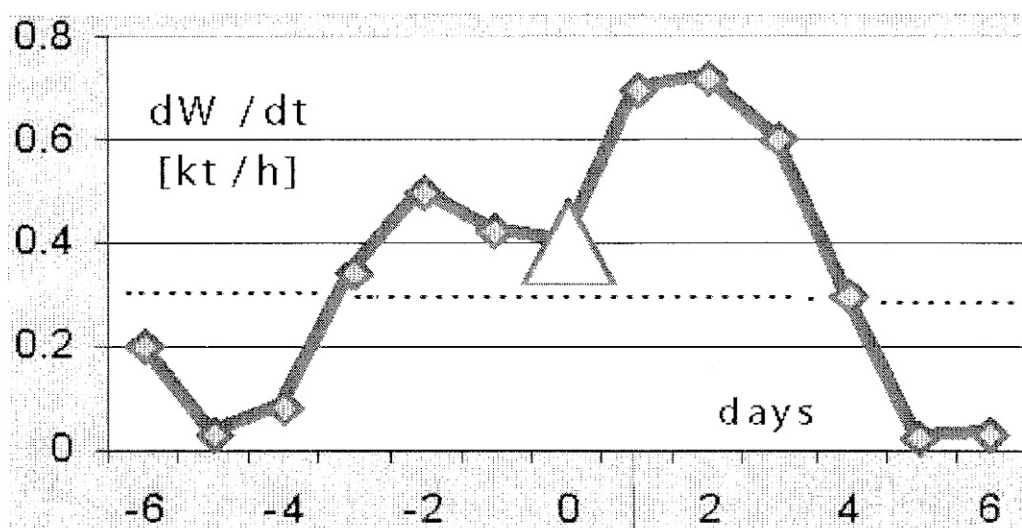


Рис. 16. Средняя скорость интенсификации. Влияние геомагнитного возмущения наиболее выражено в течение 7-дневного периода вокруг Кр-дня «0»

урагана. Эти факторы часто могут вносить искажения в полученные результаты.

Поэтому, для того чтобы обеспечить «чистоту» сделанных выводов, «bootstrapped rate» анализу подвергались только циклоны, образовавшиеся только в открытых водах тропической Атлантики. Рассматривались только часовые данные штормов, образовавшихся далеко от земли и на протяжении относительно равномерно-теплой части бассейна. Выбранный регион является частью основного региона развития тропических циклонов и ограничен 25 и 60 градусами долготы и 8 и 23 градусов северной широты.

Для определения статистической значимости полученных результатов было отобрано 17.579 контрольных часов наблюдений циклонов. Было отобрано 26 циклонов (из 105.638 имеющих часов наблюдений). Анализ этих циклонов показал, что средняя скорость интенсификации оказалась значительно выше 0,313 тыс.т/час (37,6 тыс.т/5 дней), а «усиления» 0,543 тыс.т/час (65,1 тыс.т/5 дней) были сосредоточены на Кр-день (+/- 2 дня).

Необходимо отметить, что выбранное двухдневное окно (+/- 2 дня от Кр-дня) является произвольным, поэтому полученные результаты означают усиление урагана до, во время и после Кр-дня. На рисунке 16 показана средняя скорость интенсификации в зави-

симости от времени от «0» дня (треугольник на рисунке). Отметим, что эффект усиления урагана (выше штриховой линии) проявляется наиболее заметно от -3 до +3 дней, с пиком при +2 дня.

Подводя итог, с высокой долей уверенности можно сказать, что интенсификация ураганов в высоких широтах Северной Атлантике связана с геомагнитными возмущениями. Понятно, почему эффект Кр менее выражен над регионами с перегретой поверхностью воды, где больше рождаются циклоны (табл. 3). Там, доминирующим фактором является энергия извлеченный из воды. Это «маскирует» все другие сопутствующие факторы, участвующие в образовании циклона. Важным представляется то, что за 2-3 дня до и после максимальных значений Кр, усиление урагана гораздо выше, чем в среднем.

II.4. Интенсивность циклонов вблизи Форбуш-эффектов (ФЭ ИКЛ)

Исследования ИКЛ основывались на данных нескольких нейтронных мониторов (NM), расположенных вокруг Атлантического океана. Но выигрыш для статистики, достигнутый таким подходом, был ослаблен трудностями группировки различных данных. Поэтому для детальных исследований влияния ФЭ ИКЛ были использованы данные нейтронного монитора станции космических лучей Climax (39.37N; 106.18W; высота 3400 м. и жесткость обрезания 2,97 ГэВ). Они охватывают период 1951 - 2009 гг. За весь период только 399 дней, без каких-либо данных, или только 2,02% (97,98% эффективной работы). Статистическая погрешность данных в среднем составила 0,032%/день.

По аналогии с Кр данным, из всего массива данных ИКЛ были отобраны периоды с Форбуш-эффектами, причем за «0» был принят день, когда резкое уменьшение интенсивности КЛ (или Форбуш-понижение) было не ниже 3% (рис. 6 и 7), причем, эти события распределены практически равномерно в течение всего года.

Как известно, сезон ураганов максимален в сентябре и приходится только на месяцы с мая по ноябрь. Именно за эти 7 месяцев за период 1951-2005 было отобрано 166 периодов с Форбуш-понижениями (ФП).

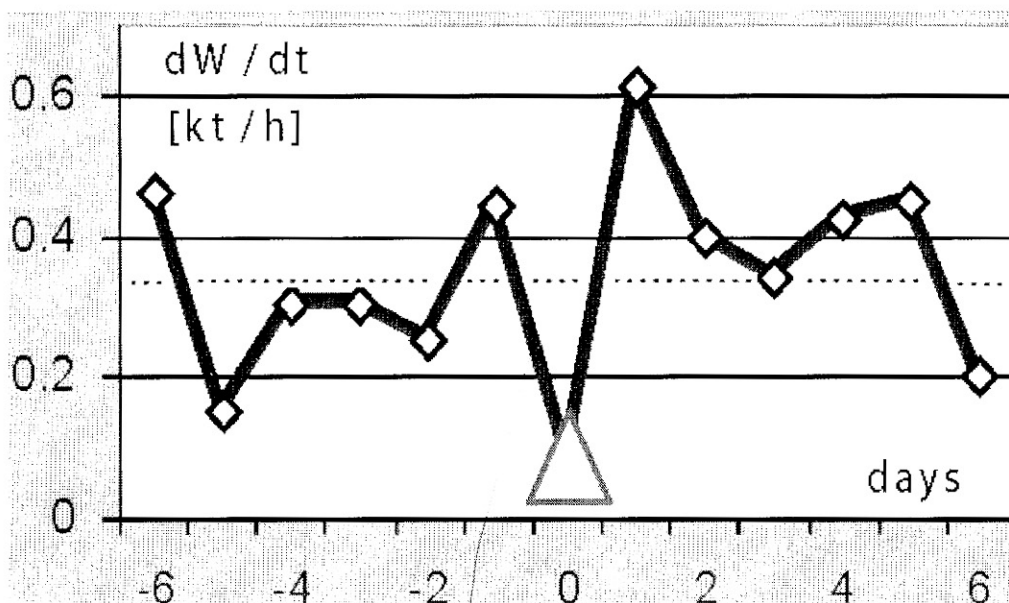


Рис. 17. Поведение интенсификации ураганов вблизи «0» дня Форбуш-понижений

Возможные взаимосвязи между dW/dt и ФЭ были статистически проанализированы путем усреднения интенсификации в течение 5 дней (с центром в «0» день) и сопоставлением со средним значением среднего. Использовался тот же географический регион, что и ранее. Результаты представлены в таблице 3 (часть, относящаяся к ФП).

Для всех 105 638 часов активности тропических циклонов средняя скорость интенсификации составляет 0,0342 тыс.т/ч (4,1 тыс.т за 5-дневный срок). Было отобрано 96 тропических циклонов (7691 часов наблюдений интенсификации ураганов, относящихся к периодам ФП) со средней скоростью интенсификации 0,0546 тыс.т/ч или 6,5 тыс.т в течение 5-дневного периода. Анализ данных 25 отдельных тропических циклонов (2104 часа) внутри отобранных интервалов показал, что средняя скорость интенсификации оказалась значительно выше 0,313 тыс.т/ч (37,6 тыс.т/5 дней).

Это означает, что «усиления» в пятидневных интервалах сосредоточены на «0» день ФП. Тестовые испытания случайно отобранных периодов с помощью «bootstrapped rate» анализа подтвердили усиление интенсивности ураганов до, во время и после ФП.

На рис 17 показаны значения средних скоростей интенсификации как функции временного лага от «0» дня ФП (Треугольник

указывает положение ИП «0» день). Из графика видно, что влияние космических лучей на интенсификацию тропических циклонов представляется менее выраженным, чем у геомагнитных вариаций.

В настоящее время нельзя утверждать, о наличии достоверного прогноза циклонической деятельности только на основании данных наблюдений Кр и Форбуш эффектов ИКЛ, однако, полученные результаты позволяют сделать вывод, что резкий рост Кр-индекса или сильное Форбуш-понижение (в период с мая по ноябрь) могут стать важным сигналом зарождающегося урагана. Естественно, исследование всех атмосферных данных делает предсказание урагана более достоверным.

II.5. Удары ураганов по прибрежным районам и внутри Мексики

В рамках гипотезы, что какие-либо конкретные изменения космофизических параметров во время дней, предшествующих циклонам, могут быть использованы в качестве предварительного предиктора приближающегося опасного события, в работе [Perez Peraza, 2008] проведен корреляционный анализ данных максимальной скорости вращения ураганов (как в разделе II.1) и оценок полной энергии ураганов.

Были проанализированы все зарегистрированные циклоны в Атлантическом и Тихом океанах с 1 января 1950 г. по 31 декабря 2004, которые отвечали следующим требованиям:

- Во время своего развития, максимальная скорость вращения V_{max} урагана достигает не менее 35 узлов (что означает, что мы должны включить в анализ не только ураганы, но и тропические штормы, как они определены в шкале Саффира-Симпсона).

- Во время перемещения ураганов они коснулись мексиканского побережья или границы Мексики.

После тщательного изучения каждого циклона (за 55-летний интервал), было отобрано 119 циклонов, родившихся над Тихим океаном, и 59 циклонов, родившихся над Атлантическим океаном.

В Интернете можно найти множество сайтов, представляющих данные циклонов:

<http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/Track-Maps.htm>,

<http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/TrackMaps.html>,

<http://stormcarib.com/climatology/#links>,

<http://weather.unisys.com/hurricane/atlantic/index.html>,

<http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/Track-Maps.html>.

Как было сказано ранее, полный набор ежедневных чисел солнечных пятен за период 1950-2005 был получен из веб-сайта Национального центра геофизических данных в Боулдере, штат Колорадо, США:

<http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsunspotnumber.html#american>,

<http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsunspotnumber.html#international>.

Для анализа интенсивности космических лучей (ИКЛ) были использованы данные нейтронного монитора станции космических лучей Climax, как описано в предыдущем разделе. Следует добавить, что карта изолиний интенсивности космических лучей на высоте около 200 км [Khorozov, 2006] показывает, что в соответствующем регионе Северной Атлантики практически по той же изолинии находятся нейтронные мониторы Дип-Ривер, Клаймакс, Мехико (UNAM) и нейтронные мониторы многих других станций.

Общая взаимосвязь между данными практически всех этих нейтронных мониторов позволяет рассматривать данные нейтронного монитора Climax достаточными для анализа [<http://ulysses.sr.unh.edu/NeutronMonitor/00ClimaxCorr.html>].

Статистическая погрешность суточных измерений составила величину порядка 0.032%. В большинстве случаев, данные осреднялись в течение нескольких дней, поэтому ошибка, как правило, не превышает размеров точек, представленных на рисунках.

Использованные суточные значения индексов геомагнитной активности Kp и Ap были взяты из GeoForschungs Zentrum, Potsdam. Полный набор данных для изучаемого 55-летнего периода был доступен на сайтах:

<http://www.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR/ftpsunspotnumber.html>

<http://ulysses.sr.unh.edu/NeutronMonitor/00ClimaxCorr.html>.

Обработка данных

Каждый циклон характеризуется:

1. Происхождение – Атлантический (A) или Тихий (P) океаны.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между CE и параметрами солнечной активности, ИКЛ, Ар и Кр

CE	SS	ИКЛ (CR)	Ар	Кр
–	-0.13	-0.30	-0.32	-0.31

2. Начало (Start) – (D0) [год, месяц, день], когда круговая скорость ветра (V), измеренная на поверхности океана достигла 35 узлов.

3. Географическое положение – $[B(/1,k1)]$ глаз циклона, после его возникновения.

4. Максимальная скорость вращения V_{\max} достигнутая в ходе развития циклона.

5. Ранг урагана по шкале Саффира-Симпсона, соответствующая значению V_{\max} .

6. Продолжительность в днях (L).

7. Полная энергия циклона* (CE). *В качестве характеристики энергии циклона была выбрана осредненная за сутки скорость его вращения. Сумма этих суточных значений была принята в качестве полной энергии циклона (CE).

Чтобы получить основные представления для ежегодного изменения наших параметров, был введено понятие ежегодной циклонической энергии $[CE(y) = CE1 + CE2 + \dots + CE_n]$, характеризующее общую энергию всех циклонов за год, где CE_i расчетная энергия i -того циклона в году (y). Коэффициенты корреляции между параметрами ИКЛ, SS, Кр и Ар приведены в таблице 4.

Если начало следующего циклона происходит менее чем за 20 дней после начала предыдущего, менее мощный из них определяется как «перекрывающийся».

Перекрывающиеся циклоны в расчеты не были включены. Так, 78 из всех 119 циклонов Тихоокеанского региона и 44 из всех 59 атлантических циклонов (122 из всех 178 ураганы) были классифицированы как «неперекрывающиеся» за все 55 лет.

В зависимости от их ранга по шкале Саффира-Симпсона (V_{\max}), циклоны подразделялись на: 6 отдельных групп (5 ранга, 4, 3, 2, 1,

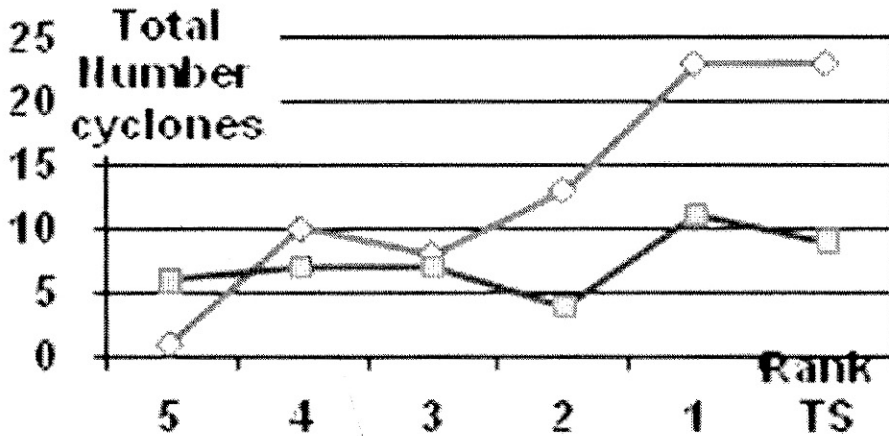


Рис. 18. Распределение Атлантических и Тихоокеанских циклонов в соответствии с их категориями

TS), 3 объединенных группы (ранг 5 + 4, 3 + 2, 1 + TS) и 2 объединенных группы (ранг 5 + 4 + 3, 2 + 1 + TS).

На рис. 18 приведены распределения атлантических и тихоокеанских циклонов.

Очевидно Тихоокеанского циклоны в основном низкого рейтинга. Их места рождения в Тихом океане рассредоточены вдоль мексиканского побережья, в то время как атлантические циклоны разбросаны довольно далеко от мексиканского побережья.

Чтобы иметь общее представление о поведении всех параметров (SS, CR, Ap, Kp) за 35 дней до и через 20 дней после начала циклона построено 488 графиков. Так как невозможно представить все рисунки, было решено оценить среднее время между появлением конкретных изменений CR, SS и Ap, с одной стороны, и формированием циклонов, с другой, а затем определить размер и временное распределение этих изменений и их взаимосвязи.

Поведение CR, солнечной активности SS и геомагнитной активности рассматривалось в интервалах от 35 дней до и 20 дней после начала каждого из циклонов. Таким образом, из всего имеющегося объема результатов были выбраны три графика, представляющие изменения в CR, SS и Ap для самых мощных циклонов Allen, Gilbert и Mitch. Обнаружены совершенно удивительные нарушения поведения интенсивности космических лучей (CR), появляющиеся за 5-20 дней до возникновения циклонов. При этом все эти наруше-

ния сопровождаются одним или двумя ярко выраженными Форбуш-понижениями.

Из полученных результатов видно, что изучаемые параметры меняются значительно для каждого отдельного циклона не только по величине, но и по времени появления изменений. Так, изменения солнечной активности SS достигают иногда 150-200 единиц в течение более 20 дней до появления циклонов, Ap-индекс (равно, как и Kp) меняется иногда на 100-120 единиц за 30 дней до циклона.

Чтобы лучше понять эти изменения необходимо получить усредненные кривые за все годы для каждого из параметров.

Грубые оценки изменения параметров, предшествующих появлению циклонов, были получены для тридцатидневного диапазона, разбитого на три непрерывных интервала (каждый из 10 дней). Отклонение (разница между максимальным и минимальным значениями SS, CR, Ap, Kp) в каждом интервале было усреднено для всех 122 циклонов. Расчеты проводились по двум группам ураганов: для 39 больших циклонов M ($M = H5 + H4 + H3$) и для 83 незначительных (малых) циклонов S ($S = H2 + H1 + TS$).

Следует отметить, что, как правило, большие изменения SS появлялись за 30-21 дней до начала циклона, а для CR эти изменения достигают максимума за 20-11 до начала циклона. Чтобы выявить тонкую структуру этих изменений все параллельные усредненные суточные значения CR, SS, Ap и Kp были организованы соответственно по группам.

Изучая по отдельности все четыре параметра (усредненные для каждого из группы), мы получили 84 усредненных графика. Интересно, что амплитуды Kp и Ap, предшествующие циклону, остаются относительно стабильными и не зависящими от мощности, хотя слегка меняющими свою фазу с мощностью циклона. Данные CR, SS и Ap сглажены скользящим средним по 9 соседним точкам для ураганов категорий 5, 4, 3, 2, 1 and TS.

Для того чтобы найти зависимость пика от категории урагана было отдельно рассмотрено поведение максимальных значений CR, SS, Ap в периоды появления циклонов от 5-й до 2-й категорий за 20 дней перед циклоном.

Графики приведены в работе [Perez Peraza et al., 2011] для всех 122 случаев ураганов. Из расчетов следует, что существует зависимость относительного размера пика от категории урагана. Относительные размеры пиков в периоды ураганов категории 5, 4, 3 и 2 показывают наличие хорошо выраженных изменений всех анализируемых параметров от категории урагана, что хорошо совпадает с результатами [Либин, 2009; Perez Peraza, 2011].

Результаты анализа можно резюмировать следующим образом:

- Подтверждено наличие специфических пиков в CR, SS, Ap, измеренных в интервале 20 дней, предшествующих началу урагана, особенно для больших ураганов.

- Показано, что для больших ураганов размер изменений параметров зависит от категории урагана.

- Тенденция совпадения пиков энергии циклонов с ростом параметров в периоды весна-осень наблюдается в течение большей части солнечных циклов.

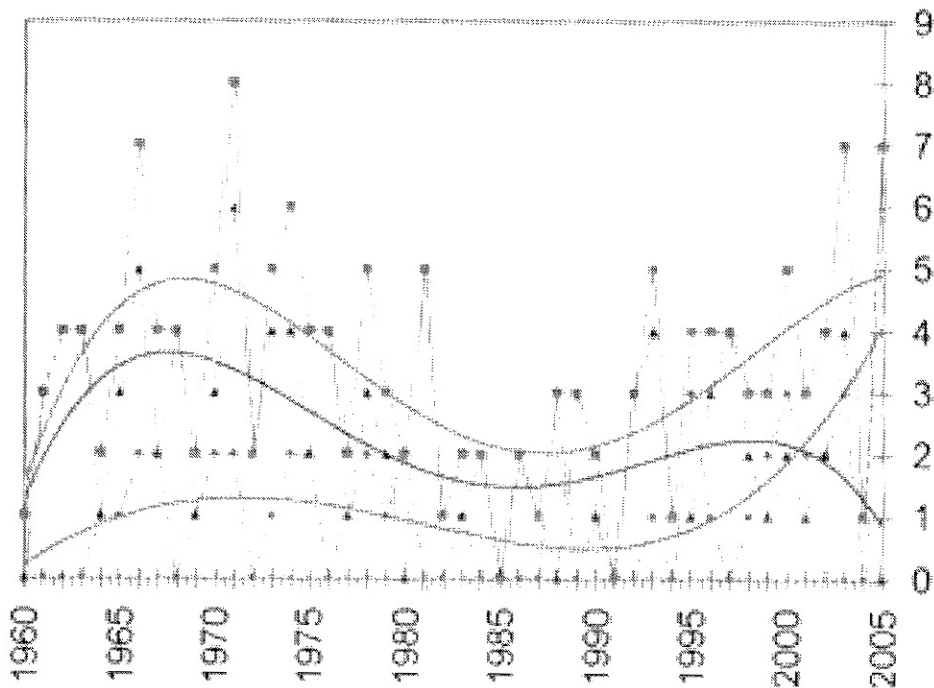


Рис. 19. Циклические процессы в поведении ураганов в 1960-2005 (по вертикали отложены частота)

Кривая ежегодных изменений полной энергии (СЕ и СЕ сглаженной, рис.19) может быть аппроксимирована двумя перекрывающимися синусоидами: одна с периодом около 3,3 года, другая - около

30 лет, что хорошо совпадает с результатами авторов [Либин, 2009; Perez Peraza, 2011].

Кроме того, анализ энергии циклонов (ACE) [Klotzbach, 2006] показал наличие тенденции роста в последние десятилетия интенсивности и частоты тропических циклонов (ТЦ) Североатлантического бассейна, а также значительное снижение интенсивности и частоты циклонов в Северо-восточной части Тихого океана (рис. 19). Кроме того, следует отметить, что обе кривые содержат квазитридцатилетние волны, что подтверждается работами [Webster, 2006; Chan, 2006; Либин, 2009].

Попытки проанализировать и обобщить большой объем информации, изложенной в предыдущих разделах, позволили получить интересные результаты: оказалось, что ИКЛ, SS, Ap и Kp показали гораздо более интенсивные возмущения в периоды до и после появления урагана, чем во время урагана.

Для SS эти возмущения постепенно увеличиваться с силой урагана. Характерный пик в интенсивности КЛ появляется за 5-20 дней до начала урагана, причем для мощных ураганов они [возмущения в обоих процессах] начинают иногда больше, чем за 20 дней. Ap и Kp демонстрируют серии видимых спектральных пиков в течение всего периода циклонической активности (35 дней).

Выбор большого периода для анализа позволил провести детальный анализ поведения каждого из космофизических и геофизических параметров задолго до образования циклона, причем во время больших циклонов наблюдались значительные изменения в солнечной активности, интенсивности КЛ и деятельности геомагнитного поля, предшествующие появлению интенсивных циклонов. И, хотя это время (предшествующее) значительно колеблется от события к событию, тем не менее, полученные взаимосвязи показывают, что все параметры должны быть приняты во внимание.

Учет сложных процессов в верхних слоях атмосферы, зависящих от космофизических параметров и используемых для определения момента формирования и мощности ураганов, будет способствовать прогнозам возникновения и развития ураганов.

С другой стороны, в связи с результатами расчетов взаимосвязи циклонической деятельности с различными процессами, необходи-

мо иметь в виду, что квазиантикоррелированность SST и пыльных бурь не является постоянной и что линейная корреляция между SST и североатлантическими циклонами также не идеальна. Тем не менее, полученные результаты позволяют сделать вывод, что более мощные пыльные бури вызывают меньшее число циклонов, и наоборот.

В этом контексте, результаты спектрального анализа, проведенного для изучения общих периодичностей в космических лучах и явлениях, которые предположительно связаны с ураганами (АМО и SST-аномалии), хорошо согласуется с ранее полученными результатами [Pérez-Peraza et al, 2008a, 2008b].

Обнаружены общие периодичности в некоторых внеземных и земных явлениях, а именно 3,5-5,5, 7, 11 и большие периодичности. Заметим лишь, что волна 30 ± 2 года присутствует во всех процессах (кроме SS). Следует при этом отметить, что ни спектр пыли также показывает, периодичность 30 лет, так как данные по пыли охватывают только 40 лет.

Ураганы категории 4, как было показано в работе [Pérez-Peraza et al, 2008b] где применяется вейвлет Морле-техника, демонстрируют также периодичность 30 лет с достоверностью более 95%, хорошо совпадающую с аналогичными волнами в космических лучах.

Следует отметить, что эта частота (соответствующая периодичностям 30 лет) может являться гармоникой векового цикла (90-120 лет) солнечной активности, то есть, половиной из так называемых Yoshimura-Gleissberg циклов [Yoshimura, 1979, Velasco and Mendoza, 2008]. Необходимо отметить, что впервые «квазистолетние» (или вековые) циклы были выявлены в работах по анализу временных изменений солнечной активности и климата Земли.

Хорозовым использовались среднегодовые данные о приземной температуре в северном полушарии за 1850–2010 годы, включая восстановленные [Хорозов, 2009]), об интенсивности космических лучей на Земле за 1950–2010 годы и солнечной активности (числа Вольфа, площади солнечных пятен, интенсивность корональной линии с длиной волны 5303 Å, HL-индекс, радиоизлучение Солнца на частоте 10,7 см.; числа солнечных пятен восстановлены на промежутке времени, охватывающем более 10 000 последних лет.

Эта реконструкция [Кочаров, 1996; Стожков, 2006; Хорозов, 2009], произведенная с использованием данных о концентрации радиоуглерода ^{14}C в кольцах деревьев при помощи современных палеоастрофизических методов, является одной из наиболее продолжительных среди имеющихся на сегодняшний день [Распопов, 1998; Огурцов, 2007; Хорозов, 2009]).

Анализ параметров солнечной активности и температуры проводился авторами как с помощью методов традиционного корреляционного, спектрального и авторегрессионного анализа, так и с помощью методов анализа случайных процессов, разработанных в последние годы.

При этом, если традиционные методы (с их достоинствами и недостатками), как правило, хорошо известны, то использование новых методов анализа дает возможность независимого контроля полученных результатов. Как было указано ранее, спектральный анализ среднегодовых значений T_p , полученных на глобальной сети метеорологических станций за период 1880–2010 гг., показал наличие линий, превосходящих по амплитуде 95–99%-й интервал. Наиболее выражены в спектре линии с периодами 192.0 (0.2°C); 64.8–130.0 (более 0.5°C); 32.5 (0.2°C) и 21.0 (0.5°C) год, что хорошо совпадает с результатами анализа ураганов и пыли.

Причиной такого совпадения квазипериодической структуры вариаций циклонической деятельности и содержания пыли в верхних слоях атмосферы и солнечной активности (как по периодам, так и по фазам процессов) может служить фактическая связь Солнце – климат на вековой шкале времени.

Результаты расчетов когерентности между изучаемыми явлениями могут быть истолкованы, что модуляционным агентом земных явлений является открытое магнитное поле Солнца, модулирующее через ГКЛ (через ^{10}Be).

Эта модуляция явно прослеживается для периода 1880 - 1960 гг. Это не значит, нет модуляции до и после этого времени, но в соответствии с методикой вейвлет когерентности, ее уровень достоверности ниже, чем 95%. Кажется, что ГКЛ являются источником модуляции для SST, и AMO (рис. 6, в работе [Velasco and Mendoza, 2008; Ram and Stolz, 2009]), а те, в свою очередь, модулируют в некотором

роде, ураганы. Последнее хорошо видно в результатах вейвлет-анализа когерентности.

Выводы

Как видно из корреляционного анализа данных, проведенного в предыдущих разделах, параметры SS, ИКЛ, AP, KP не являются основным движущим фактором для возникновения и развития ураганов.

Имеющиеся результаты не позволяют приступить к созданию точной количественной прогностической модели циклонической деятельности только на основании параметров SS, ИКЛ, AP, KP. Необходим полный набор климатологической информации (поверхностная температура, давление, ветер, течения и т.д.). Тем не менее, предварительные результаты позволили выдвинуть гипотезы о существовании взаимосвязей между параметрами SS, ИКЛ, AP, KP, Форбуш-понижениями ИКЛ и поведением тропических циклонов, особенно с самыми мощными из них. Постоянный мониторинг параметров SS, ИКЛ, AP, KP дает возможность качественного вероятностного предсказания ураганов: сильные изменения солнечной активности и резкий рост индекса KP вместе с Форбуш-понижениями ИКЛ (в летние месяцы) дает сигнал о возможном появлении атлантических ураганов за 5-35 дней. (Крайне важно не забывать, что в работе выявлена тенденция появления ураганов категории выше 4 в периоды максимума солнечной активности и, соответственно, минимума интенсивности КЛ).

Естественно, после сигнала о возможном зарождении урагана следует подключить все имеющиеся в наличии атмосферные данные (поверхностная температура, давление, скорости ветра, запыленность атмосферы и т.д.). Важно при этом помнить, что какие бы интересные и замечательные результаты не получались бы при использовании методов корреляционного и спектрального анализа, такого рода анализ является только первым необходимым шагом для исследования. Мало определить достоверность существующих связей между двумя временными рядами, чтобы охарактеризовать их физические связи или механизмы.

Корреляционный анализ только обеспечивает глобальную информацию о степени линейной зависимости между двумя временными рядами, но практически не дает информации, когда корреляционная зависимость имеет нелинейный характер. Частично вопросы нелинейных связей решает авторегрессионный анализ с применением ARMA-моделей высоких порядков [Кей, 1996; Гулинский, 1998; Либин, 2009]. При этом, необходимо понимать, что даже если глобальный коэффициент корреляции низкий, это вовсе не означает, что нет никаких физических соотношений. В самом деле, существует возможность того, что такое отношение может иметь нелинейный характер, или что есть сильный фазовый сдвиг между космофизическими явлениями и связанными с ними наземными эффектами, или, временной сдвиг между одним из процессов (вход) и реакцией системы (выход).

Тем не менее, полученные результаты достаточно интересны для нас мотивацией для перехода к следующему этапу: дальнейшие вычисления с применением более точных статистических методов анализа, с одной стороны, и сотрудничество со специалистами в области климата, с другой. В связи с этим, необходимо подчеркнуть, что одним из наиболее мощных инструментов теории обработки сигналов является так называемое вейвлет-когерентное преобразование спектрального анализа. Методика, которая дает во времени и в полосе частот [Hudgins et al., 1993; Torrence and Compo, 1998, Torrence and Webster, 1999].

Может случиться, что суммарный коэффициент корреляции низкий, но в отдельные периоды он превышает 99%-ный доверительный интервал, что свидетельствует о нелинейной корреляции (сложной) в эти периоды. Важной особенностью вейвлет-спектрального анализа является то, что он дает эволюцию синхронизации в частотно-временной области. В отличие от так называемого коэффициента корреляции Пирсона, который не обеспечивает ни результатов выявления общих синхронизированных периодичностей при их развитии во времени, ни результатов при относительном фазовом сдвиге между двумя временными рядами.

Поэтому, используя такой инструмент, в работе сделана попытка анализа между североатлантическими ураганами всех катего-

рий, земными явлениями SST, AMO, космофизическими (внеземными) явлениями, как солнечная активность (SS), геомагнитная деятельности (Kp) и GCR (Галактические космические лучи). Выявленные совпадения в периодичностях, наблюдаемых в космических лучах, и явлениях, которые предположительно связаны с ураганами (AMO и SST-аномалии), хорошо согласуются с ранее полученными результатами [Pérez-Peraza et al 2008a, 2008b, Либин, 2009]. Результаты показывают, что среди наблюдаемых периодичностей для ураганов, SST, AMO и ГКЛ, выделяется волна 30 ± 2 года (за исключением солнечной активности). Высокий уровень согласованности между ИКЛ и ураганами указывает на сильный эффект модуляции через ГКЛ, вероятно, на основе механизмов, которые описаны [Ram and Stolz, 2009] или [Дорман, 2010].

Как известно, космические лучи и солнечная активность находятся в обратной зависимости во времени, тем не менее, такие взаимоотношения не имеют прямой переадресации их влияния на развитие ураганов. Отличается и временной масштаб их влияния: влияние космических лучей - это относительно быстрый эффект, в то время как солнечная активность действует медленно в результате эффекта накопления [Pérez-Peraza, 1990]. Тем не менее, анализ должен быть расширен с привлечением данных других солнечных индексов (как, например, радиоизлучение на частоте 10,3 см, корональные дыры и т.д.) для конкретных параметров ураганов (завихренности, линейная скорость, продолжительность, энергия, индекс мощности уничтожения, PDI, накопленная циклоном энергия, ACE и интенсивности штормов). Существует также возможность того, что периодичность в 30 лет может быть связана нелинейным образом с солнечным циклом Хейла [Распопов и др., 2005] с некоторым сдвигом фаз.

Пока не можем убедительно доказать, что космические лучи модулирует AMO и SST. Тем не менее, мы хотели бы напомнить, что AMO имеет собственные периодичности (наблюдаемые, по крайней мере, с 1572) в 30, 60, 100 лет [Velasco and Mendoza, 2008] и что AMO, в свою очередь, модулирует SST [Sutton and Hudson, 2005]. Поскольку, в результате анализа мы наблюдаем весь вышеперечисленный набор периодичностей в ИКЛ и солнечной активности,

мы заключаем, что модуляция АМО и SST могут быть связаны с одним или обоими космофизическими явлениями.

Литература и библиография

Гулинский О.В., Блох Я.Л., Либин И.Я., Дорман Л.И., Клепач Е.Г., Микалаюнас М.М., Цевелев М.А., Чувильгин Л.Г., Юдахин К.Ф., Юдахин Ф.Н., Янке В.Г. Комплекс мюонных телескопов для геофизических и космофизических исследований. Космические лучи № 26. 1992. с.98–106.

Гулинский О.В., Дорман Л.И., Либин И.Я., Микалаюнас М.М.: 1988. Моделирование механизма взаимодействия гелиофизических и геофизических процессов. Геомагнетизм и Аэрономия. Т.28. № 6. С.1005 –1008.

Гулинский О.В., Гущина Р.Т., Дорман Л.И., Либин И.Я., Микалаюнас М., Юдахин К.Ф.: 1992. Моделирование механизма воздействия гелиофизических параметров на атмосферные процессы. В кн. «Космические лучи» № 26. М.: Наука. С. 22–56.

Гущина Р.Г., Лейва А., Либин И.Я., Перес-Пераса Х., Фомичев В.В., Юдахин К.Ф., Яни А.: 1994. Воздействие солнечной активности на гидрологические процессы (авторегрессионный анализ солнечной активности и уровней озер). В кн. «Космические лучи» № 27. М.: Наука. С. 33–34.

Гущина Р.Т., Либин И.Я., Перес-Пераса Х.А., Лейва А., Яни А.: 1996. Воздействие солнечной активности на атмосферные процессы. Авторегрессионный анализ циклических изменений осадков. Геомагнетизм и аэрономия. Т.36. №5. С.83–86..

Гущина Р.Т., Либин И.Я., Перес-Пераса Х.А., Лейва А., Яни А.: 1996. Воздействие солнечной активности на атмосферные процессы. Авторегрессионный анализ солнечной активности и уровней озер Геомагнетизм и аэрономия. Т.36. №5. С.79–83..

Гущина Р.Т., Либин И.Я., Перес-Пераса Х.А., Лейва А., Юдахин К.Ф., Яни А.: 1996. Изменения солнечной активности и их возможное влияние на долгопериодные вариации приземной температуры. Геомагнетизм и аэрономия. Т.36. №5. С.86–90.

Гущина Р.Т., Либин И.Я., Перес-Пераса Х.А., Лейва А., Мика-

лаюнене Ю., Яани Ф.: 1996. Долговременная модуляция солнечной радиации, наблюдаемой на Земле, и ее возможная связь с изменениями солнечной активности. Геомagnetизм и аэрономия. т.36. № 5. С. 289–299.

Дергачев В.А. Космогенные радионуклиды ^{14}C и ^{10}Be : солнечная активность и климат. Известия РАН. Серия физическая, том 73, № 3, Март 2009. С. 399–401

Дергачев В.А., Дмитриев П.Б. Периодические вариации космических лучей по данным наземных мониторов с 1953 по 2004 гг. Труды Всероссийской конференции «Экспериментальные и теоретические исследования основ прогнозирования гелиогеофизической активности», 10–15 октября 2005, Троицк. ИЗМИРАН. 2005. <http://helios.izmiran.rssi.ru/Solter/prog2005/prog/abstracts.htm>

Дергачев В.А. Воздействие солнечной активности на климат. Известия РАН. Серия физическая. 2006. т.70. № 10. с.1544–1548.

Дорман Л.И., Либин И.Я., Микалаюнас М.М., Юдахин К.Ф. Вариации космофизических и геофизических параметров в 18–21 циклах солнечной активности. Геомagnetизм и аэрономия. 1987. т.27. № 3. с.483–485.

Дорман Л.И., Либин И.Я., Микалаюнас М.М., Юдахин К.Ф. Связь космофизических и геофизических параметров в 19–20 циклах солнечной активности. Геомagnetизм и аэрономия. 1987. № 2. с.303–305.

Дорман Л.И., Либин И.Я.: 1985. Короткопериодические вариации интенсивности космических лучей. Успехи физических наук Т.145. вып.3. С. 403–440.

Дорман Л.И., Либин И.Я., Микалаюнас М.М., Юдахин К.Ф.: 1987. Связь космофизических и геофизических параметров в 19–20 циклах солнечной активности. Геомagnetизм и Аэрономия. Т.27. № 2. С. 303–306.

Дорман Л.И., Либин И.Я., Микалаюнас М.М., Юдахин К.Ф.: 1987. Вариации космофизических и геофизических параметров в 18–21 циклах солнечной активности. Геомagnetизм и Аэрономия. Т.27. № 3. с. 483–485.

Ермаков В.И., Охлопков В.П., Стожков Ю.И. Влияние космической пыли на климат Земли // Краткие сообщения по физике. Мо-

сква, ФИАН, 2006. № 3. С. 41–51.

Журенков Кирилл, Мельников Сергей. Между жизнью и смерчем. Журнал «Огонёк», №31 (5190), 08.08.2011

Кей С.М., Марпл С.Л. Современные методы спектрального анализа. ТИИЭР. 1981. т.69. № 11. с.5–52.

Кочаров Г.Е. Экспериментальная палеоастрофизика: достижения и перспективы. Соросовский образовательный журнал, № 11, 1996 г.

Кочаров Г.Е., Огурцов М.Г. Генерация солнечных протонов за последние 415 лет на основании данных о концентрации нитратов в полярных льдах./ Изв. РАН. Сер. физ. 1999. т. 63. № 8. с. 16–19.

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., Трейгер Е.М.: 2008. Предвестники космических бурь. В кн.: Международное экономическое сотрудничество: зарубежный опыт для России. М.: МАОК. Вып.2. С.12–18..

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., Микалаюнас М.М., Яани А.: 2008. Оценка состояния водных ресурсов в России, Мексике и Эстонии и прогноз их поведения в ближайшее десятилетие. В кн.: Международное экономическое сотрудничество: зарубежный опыт для России. М.: МАОК. Вып.2. С. 208–227.

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

Либин И.Я., Гулинский О.В., Гущина Р.Т., Дорман Л.И., Микалаюнас М.М., Юдахин К.Ф. Моделирование механизма воздействия гелиофизических параметров на атмосферные процессы. Космические лучи № 26. 1992. с.22-56.

Либин И.Я., Перес-Пераса Х., Микалаюнас М., Яани А., Сизова О.В. Оценка состояния водных ресурсов в России, Мексике и Эстонии и прогноз их поведения в ближайшее десятилетие. В кн.: Международное экономическое и научно-техническое сотрудничество: зарубежный опыт для России. М.: МАОК. 2008. с.208-227.

Микалаюнас М.М. Применение модифицированного коэффициента вариации для характеристики сезонности штормов в Северном море. Статьи по гидрометеорологии. Вильнюс: Мокслас. 1973. т.6. с.185-199.

Микалаюнас М.М. Основные характеристики режима штормовых ветров в Северном море. Статьи по гидрометеорологии. Вильнюс: Мокслас. 1973. т.6. с.177-183.

Огурцов М.Г. Современные достижения солнечной палеоастрофизики и проблемы долговременного прогноза активности Солнца. Астрономический журнал. т. 82. № 6. 2005. с. 555–560.

Покровский О.М. Изменение температуры поверхности океана в Северной Атлантике и колебания климата Европы. Исследование Земли из космоса. 2005. № 4. с.24–34.

Прилуцкий Р.Е. Методика и программные средства статистического анализа флуктуаций космических лучей. Препринт ИЗМИРАН № 41(795). 1988. 26 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.

Распопов О.М., Шумилов О.И., Касаткина Е.А.: 1998. Космические лучи как главный фактор влияния солнечной variability на климатические параметры. Биофизика. Т.43, №5, С. 902–908.

Распопов О.М., Дергачев В.А. Долговременные вариации солнечной активности как стимулятор резких климатических измене-

ний. Материалы международной конференции «50-летие Международного геофизического года и Электронный геофизический год». 16–19 сентября 2007 Суздаль, Россия. 2007. ГЦ РАН, Москва, doi:10.2205/2007-IGY50conf.

Распопов О.М., Дергачев В.А., Колстрем Т. Вариации космических лучей и климатические изменения на высоких широтах в последние 500 лет. Известия Российской академии наук. Серия физическая. М.: Академиздатцентр «Наука» РАН. Т. 69. № 6. 2005. с. 893–895.

Рожков В.А. Методы вероятного анализа океанологических процессов. Гидрометеиздат. 1979. 280 с.

Стожков Ю.И. Космические лучи и атмосферные процессы, причины изменения климата. Лекции БШФФ-2007. 2007. с. 56–60.

Хорозов С. В., Будовый И.И., Медведев В.А., Белоголов В.С. Колебания солнечной активности – основной климатообразующий фактор в масштабе тысячелетия. Калининград: HSoft. 2009. с.26–31.

Benestad, R.E., *Solar Activity and Earth's Climate*, Springer, Praxis Publish. Ltd., UK, 2006.

Cook, E. R., D. M. Meko and C. W. Stockton, *J. Climate* 10, 1343, 1997.

DeMaria, M., Balk, J.-J. & Kaplan, J. J. *Atmos. Sci.* 50, 1133–1147 (1993).

Dickerson, R.R., Kondragunat, S., Stenchikov, G., Civerolo, K.L., Doddridge, B.G., Holben, B.N., *Science* 278, 827–830, 1997.

Dorman L.I., *Advances in Space Research* 37 (8), 1621-1628, 2006.

Dorman L., Dorman I. Influence of the Sun's Radiation and Particles on the Earth's Atmosphere and Climate. *Advances in Space Research*. Volume 35, Issue 3, 2005, Pages 476–483

Dorman, L.I., 2006: Long-term cosmic ray intensity variation and part of global climate change, controlled by solar activity through cosmic rays. Particle acceleration. *Space Plasma Physics, SOLAR RADIATION AND THE EARTH*, 37, 1621–1628.

Elsner, J. B., Kara, A. B., «Hurricanes of the North Atlantic Climate and Society», New York, Oxford University, 1999.

Elsner J. B. and S. P. Kavlakov, *Atmosph. Science Letters*, 2. 86-93. 2001.

Fastrup, E. et al., Los Alamos National Laboratory arXiv:physics/0104048 v1, 1-111, 2001

Friis-Christensen, E., Lassen, K.: 1991. Length of solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate. *Science*. V. 254, P. 698–700.

Friis-Christensen E., Lassen K. Global temperature variations and a possible association with solar activity variations // Scientific Report No 92-3. Danish Meteorological Institute Copenhagen. 1992. 8 p.

Friis-Christensen E., Lassen K. Length of the solar cycle: An indicator of solar activity closely associated with climate // *Science*. – 1991. – V. 254. – P. 698–700.

Jones P.D. Northern Hemisphere surface air temperature variations: 1851–1984. *J.Clim.Appl.Met.* V.25. p.161–179. 1986.

Gierenes K. and Ponater M. *JASTP*, 61(11), 795-797, 1999.

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).

Gleisberg W. A table of secular variations of the solar cycle. *Terr. Magn.Atm.Electr.* V.49. p.243–244. 1944.

Gray, W.M , *Science* 249, 1251–1256 (1990).

Gray,L.J., Haigh,J.D., Harrison,R.G., The influence of solar changes on the Earth's climate, Hadley Centre technical note 62,Publisher: MET Office, Pages: 1 – 81, 2005.

Grossman A., Morlet J. *SIAM Journal Mathematics Analysis*. 1984. Vol. 15. P. 723.

Gulinsky O.V., Dorman L.I., Kaminer N.S., Libin I.Ya., Prilutsky R.E., Yudakhin K.F., Steglik M., Otaola J., Perez-Peraza J.: 1988. Large-scale cosmic ray fluctuations inferred from ground based neutron and ionizing component observations and their relevance's to cosmic ray anisotropy. *Geofisica International*. V.27. № 2. P. 403–417.

Haigh, J. *Science*, 294:2109-2111, 2001.

Haigh, J. D., M. Lockwood, M. S. Giampapa, The Sun, Solar Analogs and the Climate, Saas-Fee. Advanced Course 34, Swiss Society for Astrophysics and Astronomy, Springer-Verlag, Berlin, 2005.

Hodges, R.E. and Elsner,. J. B., Evidence linking solar variability

with US hurricanes, *International journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.2196, Article first published online: 14 JUL 2010.

Hudgins, L., Friehe, C and Mayer, M. E. *Phys. Rev. Lett.* 71, 3279–3282 (1993).

(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).

Kanipe, J., *Nature* 443, 141–143, 2006.

Kavlaikov S. P., *Intern., J. Modern Physics.*, 20(29), 6699–6701, 2005.

Kavlaikov, S., Elsner, J.B., Pérez-Peraza, J. *Proc. 30th ICRC Mérida. Vol. 1 (SH)*, p. 693–696, 2008a.

Kavlaikov, S., Elsner, J.B., *Proc. 30th ICRC Mérida, Vol. 1 (SH)*, p. 697–700, 2008b.

Kavlaikov, S., Elsner, J.B. and Perez-Peraza, J., *Geofisica Internacional* 47, 207–213 2008c.

Khorozov, S. V., V. I. Budovy, I. M. Martin, V. A. Medvedev and V. S. Belogolov, COSPAR, Beijing , TCI- 0232; C4.2-0056-06, 2006.

Kristjansson J.E. et al. *GRL* 29.(23), 2017, doi:10.1029/2002GL015646, 2002.

Kristjansson, J. E. et al.. *GRL.* 29, 23, p. 2007.

Kudela K, M. Storini , M.Y.Hofer and A. Belov, *Space Sci. Rev.* 93, 153–174, 2000.

Kudela, K. and M. Storini, *JASTP*, 67, 907–912, 2005.

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

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

Leyva A.C., Libin I.Ya., Perez-Peraza J., Jaani A.: 1996. Temperature variations of the Baja California and a possible association with solar activity variations. *Proc. International onference «The Solar cycle: recent progress and future research»*. Hermosillo. Sonora. Mexico. 1996. P. 93–105.

Leyva A.C., Libin I.Ya., Perez-Peraza J., Ishkov V., Fomichev V., Yudakhin K.F.: 1996. The solar radiation on the Earth and her possible communication with changes of the solar activity. *Proc. International on-*

ference «The Solar cycle: recent progress and future research». Hermosillo. Sonora. Mexico. P. 147–154.

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., Perez-Peraza J., Leyva Contreras A., Fomichev V., Jaani A., Yudakhin K.F.: 1996. Simulating the mechanism of the action of heliophysical parameters on atmospheric processes. Reportes Internos 96–17, mayo 1996. Instituto de Geofisica UNAM. 24 P.

Libin I.Ya., Pérez-Peraza, J., Leyva, A., Formichev, V. Guschina, R.T., Yudakhin, K., Jaani, A.: 1997. Simulating the mechanism of the action of heliophysical parameters on atmospheric processes in Earth. Geofísica Internacional 36–4, 1997. p.245–280.

Libin I.Ya., Pérez-Peraza, Jaani A.: 1998. Effects of Geomagnetic Storms on atmospheric processes. Proc. XXIII General Assembly of the European geophysical Society, Nice, France, 7 p.

Libin I.Ya., Perez-Peraza J., Leyva Contreras A., Valdez-Baron M., Bravo-Cabrera J.L., Jaani A.: 1999. Influence of solar activity on the cyclic variations of precipitation in the Baltic region. Geofisica Internacional. v.38. №2. C. 90–98.

Libin I.Ya., Perez-Peraza J., Jaani A., Mikalaiunas M.: 1999. Long fluctuations of the ice cover of the Baltic sea. Geografijos Metrastis. v.XXXII. Vilnius, Mokslas. P.129–137.

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.

Marsh, Nigel D. and H. Svensmark, *Phys.Rev.Lett.* 85, 23. 5004-5007, 2000.

Mason S. J and . Tyson, P. D, *J. Geophys. Res. Atmos.* D5, 5847 (1992).

Mavromichalaki, H. et al., *Advances in Space Research*, 37 (6), 1141-1147, 2006.

Mazzarella A., F. Palumbo, *Theoret. And Applied Climatol.* 45 (3), 201-20, 1992.

Neff, U. S., Burns, J., Mangini, A., Mudelsee, M., Fleitmann, D., *Matter A411 (6835):* 290-293, 2001.

Ney, E P, *Nature* 183 451, 1959a

Ney, E P, J. R. Winckler, and P. S. Freier, *Phys. Rev. Lett.* 3, 183–185, 1959b

Ney, E P, *CERN COURIER*, February 24, 2010.

Ol', A. I., *Reports of Arctic and Antarctic Research Institute (Trudy Arkticheskogo i Antarkticheskog)*, 1969.

Perez-Peraza J., Libin I.Ya., Leyva A., Yudakhin K.F., Otaola J. Temperature oscillations and their possible relevance to solar activity variations. Preprint Institute Geophysic UNAM, Mexico. 1994. 32 p.

Perez-Peraza J., Libin I., Leyva A., Zenteno G., et al. Influence of solar activity on hydrological processes: spectral and autoregressive analysis of solar activity and levels of lakes Patzcuaro and Tchudskoye. *Reportes tecnicos* 95–3. IG UNAM. 20 p. 1995.

Pérez-Peraza, J., (Invited Talk), *Space Conference of the Americas: Perspectives of Cooperation for the Development*, PNUD, San José de Costarica, 1, 96-113, 1990.

Pérez-Peraza, J., S. Kavlakov, V. Velasco, A. Gallegos-Cruz, E. Azpra-Romero, O. Delgado-Delgado, and F. Villicana-Cruz *Solar, Advances in Space Research* 42, 1601–1613, 2008a.

Pérez-Peraza, J., V. Velasco, and S. Kavlakov, *Geofisica Internacional* 47, 231–244 2008b.

Pérez-Peraza, J. et al, 30th ICRC, Merida, Mexico, Vol. 1 (SH), p.

785–788 , 2008с

Pudovkin, M. I. and A. A. Lyubchich, *Geomagnetism and Aeronomy* 29(3), 359, 1989.

Pudovkin, M. I. and O. M. Raspopov, *Geomagnetism and Aeronomy* 32(5), 593, 1992.

Raisbeck, G. M. and F. Yiou, *Phys Rev Lett.* 92, 199001, 2004

Ram and Stolz (2009). *EOS*, Trans AGU, RAN, Vol 90, 44, 3 Nov. 2009)

Ran Yao Shu, and Zhang, Wen-Zong, *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, DOI CNKI:SUN:ZGTN.0.2007-02-037, 2007

Raspopov, O. M., O. I. Shumilov, E. A. Kasatkina, E. Turunen, M. Lindholm and T. Kolstrom, *Geomagnetism and Aeronomy* 41(3), 407, 2001.

Raspopov, O.M., Dergachev, V.A. and Kolstrom, T., *Solar Physics* 224, 455, doi10.1007/s11207-005-5251-8, 2005.

Roig, F. A., C. Le-Quesne, J. A. Boninsegna, K. R. Briffa, A. Lara, H. Grudd, Ph. Jones and C. Villagran, 2001. *Nature* 410, 567. 2001.

Sassen, K., DeMott, P. J., Prospero, J. M., Poellot, M. R., *Geophys. Res. Lett.* 30, 1633, 10.1029/2003GL017371, (2003).

Shanahan, T.M., J.T. Overpeck, K.J. Anchukaitis, J.W. Beck, J.E. Cole, D.L. Dettman, J.A. Peck, C.A. Scholz, and J.W. King, *Science* 324, 377–380 (2009).

Shindell, D.T., G.A. Schmidt, M.E. Mann, D.Rind, and A. Waple, *Science*, 294, 2149-2152, 2001.

Stozhkov Y. I., V. P. Okhlopkov and N. S. Svirzhevsky, *Solar Phys.* 224(1), 323, 2004

Stozhkov, Y. I., *Bulletin of the Lebedev Physical Institute* 34(5), 135, 2007

Sutton, R.T. and Hudson, D.R.L., *Science* 290, 2133, 2005.

Svensmark H., Friis-Christensen E. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage: A missing link in solar-climate relationships // *J.Atmos.Sol.Terr.Phys.* – 1997. – V. 59. – P. 1225–1232.

Tinsley B.A. 1996. *J. Geophys. Res.*, 101, 29701-29714, 1996.

Tinsley B.A. and K.V. Beard, 1997. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 685–687, 1997.

Tinsley B.A. *Space Sci. Rev.* Vol. 94, 231, 2000.

Torrence C, Compo G. 1998. Bull Am. Meteorol Soc 79, 61–78, 1998

Torrence, C. and P. Webster, J. Clim. 12, 2679–2690. (1999).

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.

White, W. B., M. D. Dettinger and D. R. Cayan, The Solar Cycle and Terrestrial Climate, Proceedings of 1st Solar and Space Weather Euroconference, Santa Cruz de Tenerife, Spain, ESA-SP-463, 125, 2000.

Wilson N. Mulokwa and Mankin Mak, Monthly Weather Review, American Meteorological Society 108(10), 1533-1537, 1980.

Yiou, F., G. M. Raisbeck, S. Baumgartner, J. Beer, C. Hammer, S. Johnson, et al., 1997. J. Geophys. Res. 102, 26783-26794, 1997.

Yoshimura, H., Astrophys. J. 227, 1047, 1979.