

Особенности динамики облачного покрытия экваториальной зоны Земли в период 2005-2013 годов по спутниковым данным Terra (MODIS) и Aqua (MODIS)

А.Г. Терехов, И.Т. Пак

Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК

Алматы, 050010, Казахстан

E-mails: aterekhov1@yandex.ru, pak.it@mail.ru

На основе данных спутникового мониторинга рассмотрены некоторые аспекты динамики облачного покрова Земного шара в течение 2005 – 2013 гг. В работе использовались продукты NASA Earth Observation Cloud Fraction с месячным временным шагом и пространственным разрешением 0,1 градус, формируемые на основе данных с гелиосинхронных, полярно-орбитальных спутников Terra (MODIS) и Aqua (MODIS). Параметр Cloud Fraction по величине варьируется от 0 до 100 и представляет собой пространственно-временную долю покрытия территории общей облачностью в месячном окне накопления в местное время суток на момент пролета спутника. Спутник Terra пересекает экватор примерно в 10.30 часов утра, спутник Aqua на три часа позже, примерно в 13.30. Показано, что динамика облачного покрова экваториальной зоны Северного полушария (широтная полоса 0-10° с.ш.) имеет две временных моды. Первая мода относится к периоду 2005 – 2009 гг., вторая к 2010 – 2013 гг. Мода 2010-2013 гг характеризуется более высоким уровнем значений пространственно-временной доли покрытия общей облачностью в утренние часы (спутник Terra) в течение апреля - августа. Доля облачного покрытия в зоне 0-10° с.ш. по данным спутника Terra в выборке из 25 месяцев периода 2005-2009 гг. составила $75,3 \pm 1,8\%$, против $79,8 \pm 2,1\%$ в аналогичной выборке из 20 месяцев периода 2010-2013 гг. годов. Особенности изменений облачного покрова, формирующих новую временную моду, диагностировались по разнице между утренними (спутник Terra) и обеденными (спутник Aqua) величинами месячных значений Cloud Fraction. Показано, что новая мода облачного покрова формируется за счет роста утреннего проективного покрытия общей облачностью в экваториальной и тропической зоне Тихого океана. В тропической зоне Земли (20-30° с.ш.) временной период 2010-2013 гг. характеризовался существенными изменениями в параметрах сезонной (зима-лето) цикличности в разнице между утренним и обеденным общим облачным покрытием. Таким образом, изменения в многолетних режимах облачного покрытия регистрируются в период 2010-2013 гг. в зоне формирования пассатной и муссонной активности Северного полушария, что может иметь последствия для погодных режимов средних широт.

Ключевые слова: дистанционное зондирования, MODIS радиометрия, глобальные атмосферные циркуляции, общий облачный покров, пространственно-временное распределение, годовые колебания, экваториальная зона, временные моды.

Введение

Система глобальной циркуляции атмосферы обусловлена наличием вращения Земли и градиентом потока тепловой энергии от Солнца получаемой на экваторе и полюсах. Перенос избытка тепла и влаги из экваториальной зоны к полюсам осуществляется через иерархическую систему циркуляционных ячеек (Пальмен, Ньютон, 1973). Основа глобальной циркуляции - тропический Джет, формируется ячейками Хедли Северного и Южного полушария (Лоренц, 1970), которые ответственны за пассатную и муссонную активность (Педеллаборд, 1963). Ячейки Хедли характеризуются восходящими воздушными потоками у экватора (0-10° широты) и нисходящими в зоне субтропиков (20-30° широты). Эта циркуляция обеспечивает основу переноса теплого влажного воздуха от экваториальной зоны в направлении полюсов. На втором этапе, ячейки Феррела умеренного пояса

(30 - 65° с.ш. и ю.ш.), существующие между тропическим Джетом и полярными циркуляциями (арктической и антарктической), обеспечивают дальнейший перенос тепла и влаги в направлении полюсов (Погосян, 1973). При этом формируется сложная система циклональной активности, которая фактически определяет погодные условия умеренных широт во всем диапазоне временного масштаба, от отдельных погодных событий, до многолетних режимов. Таким образом, параметры тропического Джета играют чрезвычайно важную роль в формировании долговременных погодных условий Земли, в том числе и климата средних широт (Педелаборд, 1963).

Многолетний спутниковый мониторинг параметров тропического Джета представляет большой интерес для понимания долговременных условий формирования циклональной активности средних широт и тенденций ее изменения. Спутниковые продукты позволяют измерять ряд параметров подстилающей поверхности Земли на регулярной сетке с различной периодичностью, что может использоваться для анализа процессов переноса в атмосфере Земли, например (Астафьева, Раев, Шарков, 2007). Многие продукты имеют глобальный охват и доступны на свободной основе через Интернет.

Для спутниковых наблюдений, отслеживающих глобальную динамику пространственно-распределенных систем, предпочтительны параметры непосредственно связанные со спектральными характеристиками подстилающей поверхности Земли, которые могут регистрироваться на орбитальных платформах с высокой точностью. Большинство глобальных данных дистанционного зондирования оперируют пространственным разрешением не лучше 10x10 км. Понятно, что одну численную характеристику для территории в 100 квадратных километров нельзя каким-либо разумным образом сопоставить с наземной информацией. Поэтому, эффективная схема дистанционной диагностики динамики подстилающей поверхности Земли должна базироваться на относительных сравнениях в рамках существующих однородных рядов архивных спутниковых данных, без перехода к стандартным, наземным метеорологическим характеристикам.

Существует ряд глобальных спутниковых продуктов представляющих интерес для диагностики изменений в атмосферных циркуляциях и многолетних погодных режимах, например продукт NASA Earth Observation (NEO) "Cloud Fraction". Продукт формируется на основе данных с гелиосинхронных, полярно-орбитальных спутников Terra (MODIS) и Aqua (MODIS) и представляет собой оценку пространственно-временной доли покрытия данного места общей облачностью (0-100%) на определенное местное время суток (в момент пролета спутника). Существует несколько вариантов временного окна накопления данных - один день, восемь дней, месяц. Под общей облачностью на отдельном спутниковом снимке понимается маска облачности (продукт MOD35), распознаваемая по спутни-

ковым данным со сканеров MODIS (Terra) или MODIS (Aqua). Спутник Terra пересекает экватор примерно в 10.30 (± 15 минут) часов утра местного времени, спутник Aqua на три часа позже, примерно в 13.30 (± 15 минут) часов дня. Таким образом, имеется информация о состоянии общего облачного покрова в утреннее и обеденное местное время.

Основные аспекты динамики глобального облачного покрова Земли по информации "Cloud Fraction" (спутники Terra (MODIS) и Aqua (MODIS)) изучались ранее на временном отрезке 2000-2011 гг. (King et al., 2013). Анализировались общие закономерности пространственно-временной динамики глобального проективного покрытия общим облачным покровом, а также особенности широтной структуры глобальной облачности для всего временного периода в целом.

Исходные данные и методика обработки

Для диагностики параметров тропического Джета в качестве исходных данных были использованы продукты NEO Cloud Fraction с месячным окном накопления и пространственным разрешением 0,1 градус. На сайте [<http://www.earthobservatory.nasa.gov>] доступна информация периода с января 2005 по август 2013 гг. для данных со спутника Terra (MODIS) и с июля 2002 г. по текущий момент для данных со спутника Aqua (MODIS). Глобальные месячные сцены NEO Cloud Fraction представлены в виде матриц размера 3600x1800. Значение пикселя отражает пространственно-временную долю покрытия общей облачностью на площадке размером 0,1 x 0,1 градус на момент пролета спутника в выбранном месячном окне и варьируется от 0% - совершенно безоблачно, до 100% - сплошная облачность. В работе использовались 104 сцены периода: январь 2005 – август 2013 гг.; полученные по данным спутника Terra (MODIS) и 143 сцены периода: июль 2002 – июнь 2014 гг.; со спутника Aqua (MODIS).

Анализ глобальных сцен облачного покрытия (Cloud Fraction) основывался на диагностике многолетней динамики в рамках широтных полос, *рис. 1*. Исходная матрица глобального покрытия разбивалась на 10-градусные широтные полосы размера 3600x100 пикселей. Всего было сформировано 16 зон, для которых по данным Terra (MODIS) и Aqua (MODIS) строились временные ряды средних значений «Cloud Fraction», *рис. 2*. (приполярные зоны 80-90 градусов широты не анализировались). Для более детальной диагностики для некоторых широтных зон рассчитывалась разница между величинами проективного покрытия общей облачностью зарегистрированной в различные часы местного времени суток, в 10.30 часов утра (спутник Terra) и в 13.30 часов (спутник Aqua), *рис. 3*.

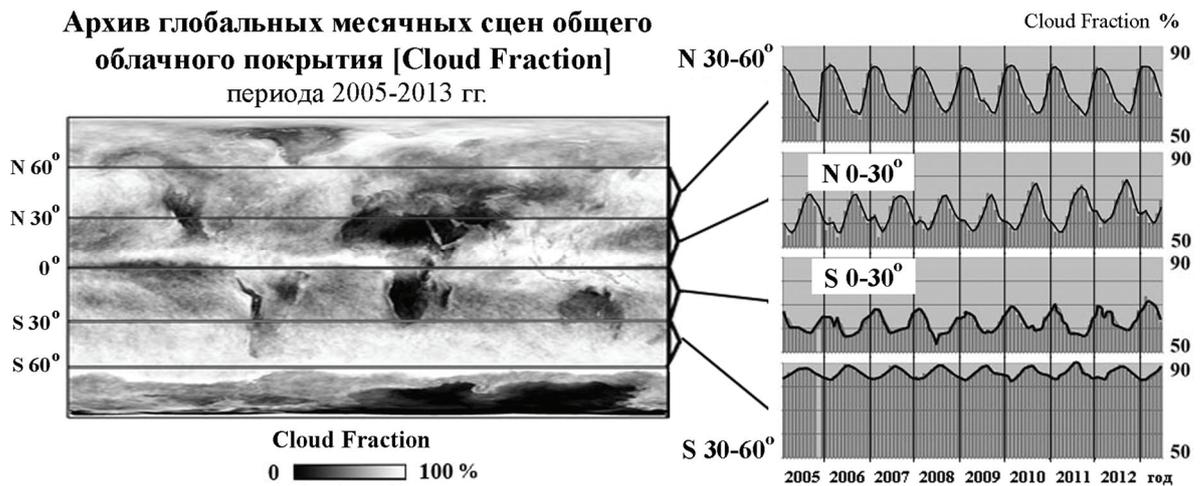


Рис. 1. Пример месячной глобальной сцены общего облачного покрытия «Cloud Fraction» и многолетняя динамика 30 градусных широтных полос. Архив глобальных сцен «Cloud Fraction» взят с сайта [<http://www.earthobservatory.nasa.gov>]

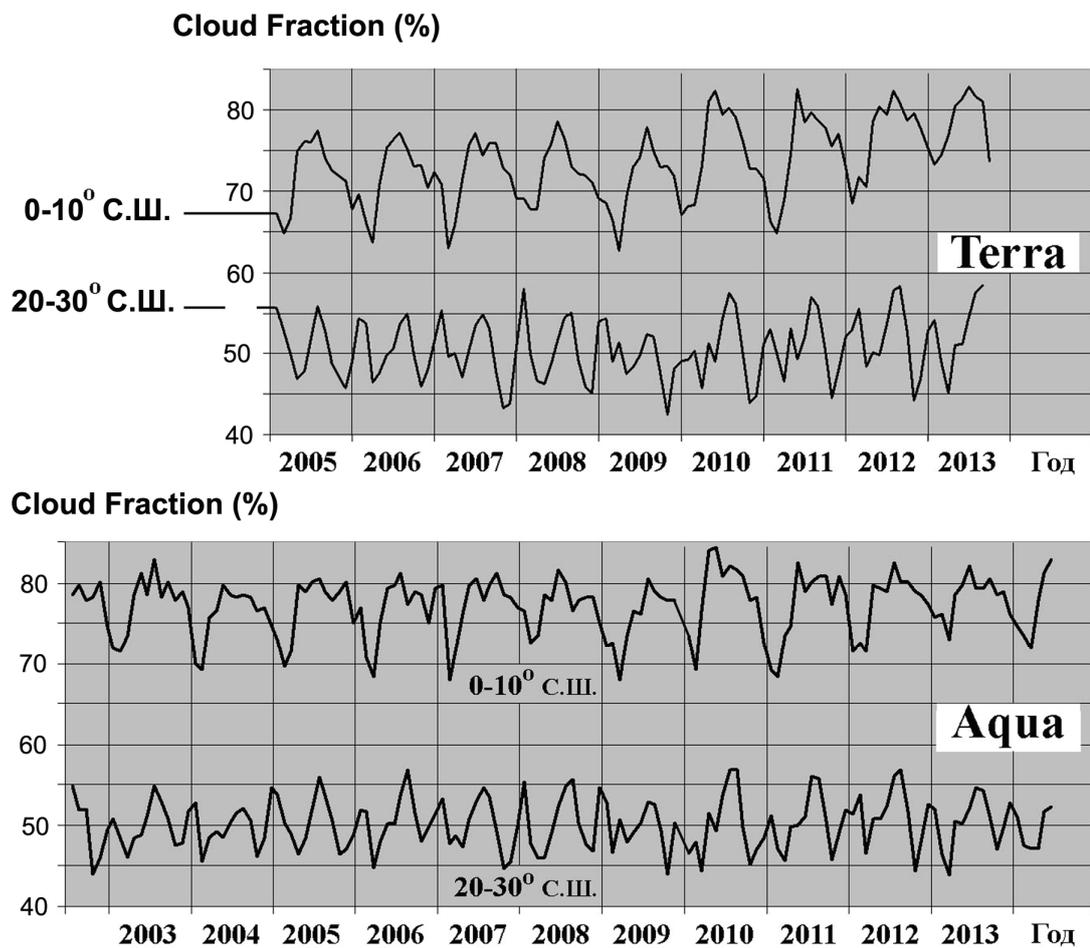


Рис. 2. Месячная динамика "Cloud Fraction" для двух 10-градусных широтных полос Земли (0-10° и 20-30° с.ш.) в период 2005-2013 гг. по данным со спутников Terra (MODIS) и Aqua (MODIS). Исходная информация - продукт NEO Cloud Fraction [Terra, Aqua], месячный период накопления, пространственное разрешение 0,1 градус. Исходная информация взята с сайта [<http://www.earthobservatory.nasa.gov>]

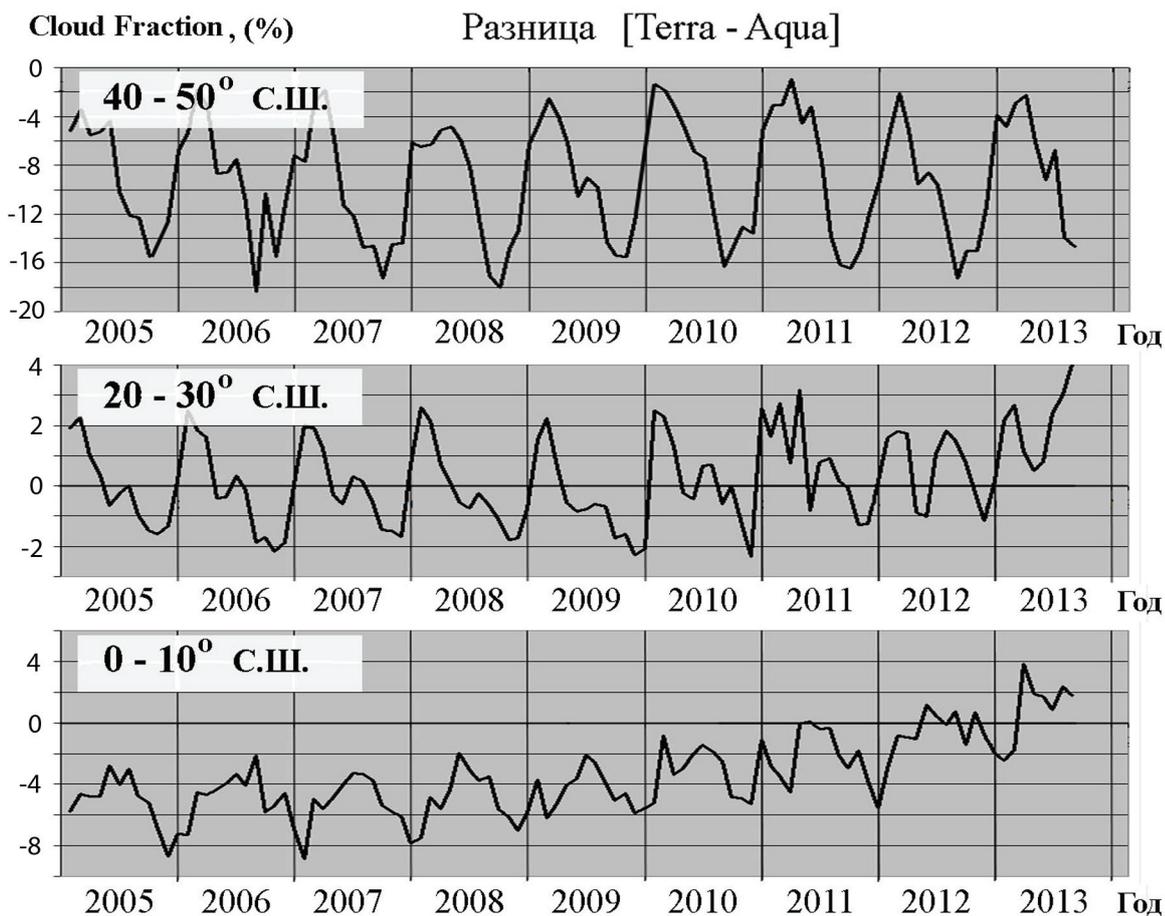


Рис. 3. Многолетняя динамика разницы между общим облачным покрытием зарегистрированным в 10.30 часов утра (спутник Terra) и 13.30 часов дня (спутник Aqua) для некоторых широтных полос Земли в период январь 2005 – август 2013 гг. Исходная информация - продукт NEO Cloud Fraction [Terra, Aqua] месячный период накопления, пространственное разрешение 0,1 градус, взята с сайта [http://www.earthobservatory.nasa.gov]

Полученные результаты

Временные ряды проективного покрытия утренней общей облачностью в виде средних величин «Cloud Fraction» в шестнадцати 10 градусных широтных полосах Северного и Южного полушария, полученные по данным спутника Terra, демонстрируют выраженную периодичность, связанную с сезонностью зима-лето. Стохастическая компонента, в той или иной степени, присутствует во всех рядах. Наиболее важным моментом является наличие простой по форме многолетней динамики, которая наиболее явно проявляется по данным спутника Terra в зоне 0-10° с.ш., см. рис. 2. Динамика этой зоны представлена двумя временными модами: период с 2005 по 2009 гг. и период с 2010 по 2013 гг. (до конца имеющихся в архиве данных).

В рамках глобальной циркуляции атмосферы Земли зоны 0-10 градусов широты относятся к восходящим ветвям ячеек Хедли Северного и Южного полушария (Лоренц, 1970). Нисходящая часть данной глобальной циркуляции относится соответственно к 20-30 градусам широты (Лоренц, 1970). В Северном полушарии в зоне 20-30° с.ш. также наблюдается многолетняя динамика, в виде двух временных мод, синхронная с зоной 0-10° с.ш. Правда, мода 2010-2013 гг. выражена косвенно, не в абсолютных величинах среднезональных значений «Cloud Fraction», а в изменениях параметров их сезонной (зима-лето) цикличности, *рис. 2 и 3*.

Различия численных характеристик временных мод в зоне 0-10° с.ш. можно оценить двумя способами. Первый из них, состоит в сравнении усредненных (по территории рассматриваемой широтной зоны) месячных значений «Cloud Fraction» в период апрель - август, в двух временных отрезках 2005-2009 гг. и 2010-2013 гг. Иначе говоря, сопоставляются 25 месяцев первого периода и соответствующие данные 20 месяцев второго периода. Средние величины «Cloud Fraction» в зоне 0-10° с.ш. составили $75,3 \pm 1,8$ %, для апреля-августа периода 2005-2009 гг., против $79,8 \pm 2,1$ % для 2010-2013 гг.

Второй путь основан на анализе статистических характеристик ряда отсчетов месячных значений «Cloud Fraction» после их рекалибровки для исключения влияния сезонной (зима-лето) динамики. Для этого в каждом из девяти годовых циклов периода 2005-2013 гг. было проведено ранжирование значений «Cloud Fraction» по абсолютным величинам. Затем были сформированы 6 отдельных рядов по 9 отсчетов каждый. Первый ряд, это девять годовых максимумов периода 2005-2013 гг., второй - девять вторых по величине годовых значений, и так далее, третьих, четвертых, пятых и шестых. В каждом из полученных шести рядов отсчетов рассчитывалось среднее арифметическое значение и среднеквадратичное отклонение, затем проводилась рекалибровка значений отсчетов. За ноль принималось среднее арифметическое значение, а новое значение каждого отсчета определялось, как смещение от 0 в единицах среднеквадратичного отклонения данного ряда. После рекалибровки все 54 отсчета объединялись в один ряд. Каждый отсчет суммарного ряда помимо своего значения (отклонения от среднего арифметического значения) имел еще и временную характеристику - год и месяц. Таким образом, объединенный ряд можно было дополнительно разбить на две временных выборки, период 2005-2009 гг. (30 отсчетов) и период 2010-2013 гг. (24 отсчета). Средние значения и соответственно среднеквадратичные отклонения по этим выборкам составили: $-0,812 \pm 0,231$ (период 2005-2009 гг.) и $+1,013 \pm 0,309$ (2010-2013 гг.).

Для уточнения изменений в многолетнем режиме облачного покрытия была рассчитана разница среднемесячных значений «Cloud Fraction» территорий в широтных по-

лосах 0-10° с.ш., 20-30° с.ш., 40-50° с.ш., между утренними (10.30 часов) данными спутника Terra и обеденными (13.30 часов) данными спутника Aqua, *рис. 3*. Оценка пространственной локализации основных изменений проводилась на основе глобальных сцен разницы проективного покрытия общей облачностью между данными спутника Terra и спутника Aqua в определенные месяцы, представляющие обе временные моды, *рис. 4*.

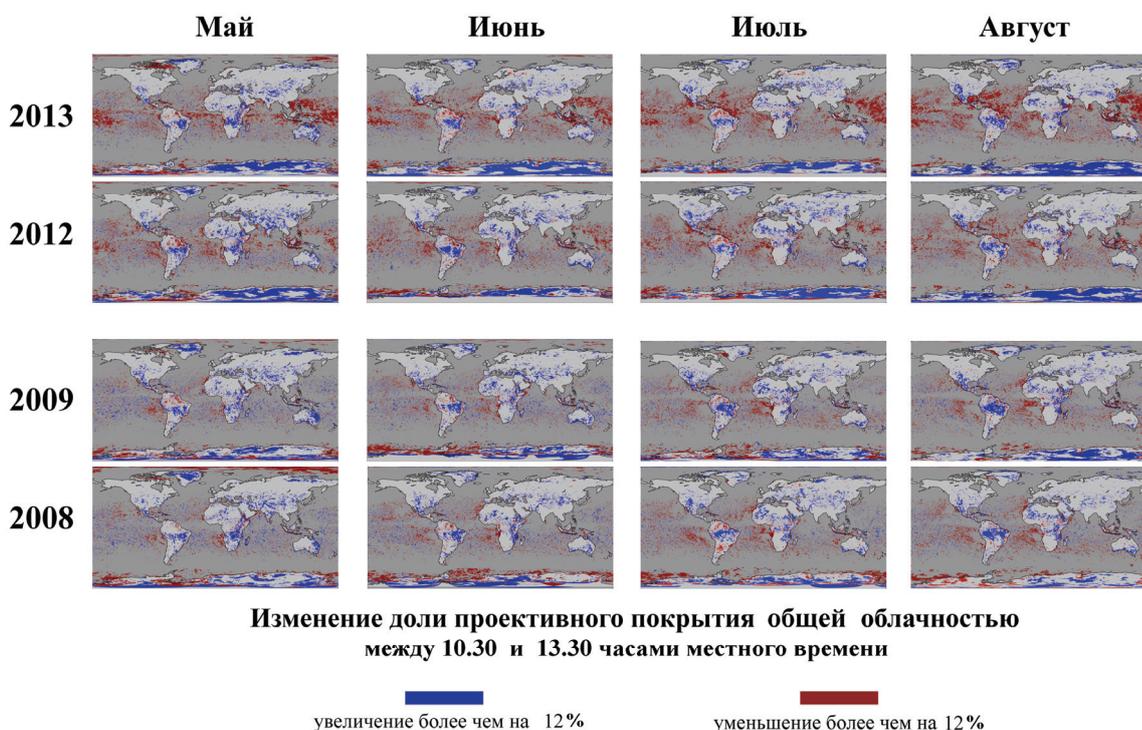


Рис. 4. Глобальные сцены разницы среднемесячных величин проективного покрытия общей облачностью (Cloud Fraction) между утренними (10.30 часов, спутник Terra) и обеденными (13.30 часов, спутник Aqua) данными. Исходная информация - продукт NEO Cloud Fraction [Terra и Aqua] взята с сайта [<http://www.earthobservatory.nasa.gov>]

Обсуждение

Количественная оценка изменений параметров многолетних погодных режимов по месячным спутниковым данным всегда сопряжена с недостатком статистической значимости анализируемых рядов. Короткие ряды имеющихся спутниковых данных на фоне присутствующей годовой цикличности затрудняют выделение многолетних режимов на временных масштабах до 10 лет. Удаление влияния годовой цикличности путем рекалибровки несколько улучшает возможность получения устойчивых статистических оценок, но даже в этой ситуации, возможности распознавания ограничены выделением только простейших режимов.

Временной ряд значений «Cloud Fraction» зоны 0-10° с.ш. по данным спутника Terra на 10.30 часов утра местного времени в период 2005-2013 гг. демонстрирует выра-

женную многолетнюю динамику в форме двух временных мод с переходным интервалом, относящимся к сентябрю 2009 – марту 2010 гг. Начиная с 2010 г., среднемесячное пространственно-временное покрытие общей облачностью в этой зоне увеличилось в период с апреля по август с $75,3 \pm 1,8\%$ до $79,8 \pm 2,1\%$, т.е. примерно на 6%. После ранговой сортировки и рекалибровки средние значения по временным периодам составили: $-0,812 \pm 0,231$ (период 2005-2009 гг.) и $+1,013 \pm 0,309$ (2010-2013 гг.). Центры мод бимодального распределения разнесены друг от друга примерно на 7σ (в единицах сигма для временных периодов, относящихся к модам). При использовании значения среднеквадратического отклонения $Std=0,231$ (период 2005-2009 гг.) расстояние составило $7,9\sigma$; при $Std=0,309$ (период 2010-2013 гг.) расстояние было равно $5,9\sigma$. Такое большое расстояние указывает на высокую статистическую значимость бимодальности распределения и близкие статистические характеристики обоих мод.

Изменение среднемесячных величин "Cloud Fraction" на 10.30 часов утра между периодами 2005-2009 гг. и 2010-2013 гг. в зоне $0-10^\circ$ с.ш. в абсолютных величинах не так велико, $75,3\%$ к $79,8\%$. Поэтому представляло интерес диагностировать структуру изменений общего облачного покрытия используя разницу проективного покрытия между утренними (10.30 часов, пролет спутника Terra) и обеденными (13.30 часов, пролет спутника Aqua) часами местного времени. Эти данные важны для дополнительного обоснования того, что регистрируемый эффект бимодальности не является артефактом, вызванным техническими особенностями работы сканирующей аппаратуры спутника или алгоритмами обработки спутниковых данных.

Различия между утренними и обеденными среднемесячными величинами "Cloud Fraction" формируются тремя компонентами. Во-первых, трех часовым сдвигом облачных масс различной плотности и соответственно изменением характеристик облаков применительно к пространственно фиксированной точке. Во-вторых, уменьшением облачного покрытия за счет рассеивания утренних туманов и прочих форм облачности на перепаде температур утро-день. В-третьих, увеличением облачного покрытия за счет формирования дневной облачности через конденсацию местных испарений.

Ожидалось, что новая мода в режиме утренней облачности зоны $0-10^\circ$ с.ш., сформировавшаяся после 2010 года, должна изменять пространственные характеристики разницы значений "Cloud Fraction" утро - день. Для диагностики пространственных характеристик изменений облачного покрытия в зависимости от местного времени суток были построены и проанализированы изменения среднемесячных величин "Cloud Fraction" облачного покрова в течение 2005-2013 гг. происходящие между 10.30 часами утра (данные спутника Terra) и 13.30 часами дня местного времени (данные спутника Aqua), *рис. 3, 4*. В

широтных зонах: 0-10° с.ш., 20-30° с.ш. и 40-50° с.ш., (рис. 3), на фоне сезонной цикличности (зима-лето) регистрировались различные изменения. Так, в зоне 0-10° с.ш. наблюдалась тенденция роста среднего уровня проективного покрытия общей облачностью в утренние часы. В зоне 20-30° с.ш., начиная с 2010 г., имели место значительные изменения параметров сезонной (зима-лето) цикличности. Близкие характеристики сезонной динамики (зима-лето) в пяти годовых циклах периода 2005-2009 гг. претерпели заметные искажения в 2010 г., с последующей, практически полной сменой количественных характеристик сезонного цикла в период 2011-2013 гг. В зоне 40-50° с.ш. все девять годовых циклов имели близкие характеристики, что указывает на стабильность сезонной (зима-лето) динамики в период 2005-2013 гг. по данным "Cloud Fraction".

Пространственная структура изменений проективного покрытия общей облачностью между 10.30 и 13.30 часами местного времени суток рассматривалась на глобальных сценах для некоторых временных интервалов. Мода до 2010 г., периодом май-август 2008 и 2009 г.; мода после 2010 г., этим же периодом 2012 и 2013 г. Пространственное распределение изменений "Cloud Fraction" через порог в $\pm 12\%$ демонстрирует концентрацию утренних положительных аномалий в экваториальной и тропической зоне Тихого океана, рис. 4. Поскольку регистрируемые изменения облачного покрытия относятся к части глобальной сцены и только к водным пространствам, вероятность того, что регистрируемый эффект бимодальности облачного покрытия экваториальной зоны Земли является следствием технических или программных ошибок мала.

Глобальная ячейка Хедли, формирующая пассатную и муссонную активность тропического пояса Земли в Северном полушарии, имеет зону восходящих атмосферных потоков, в сегменте $\sim 0-10^\circ$ с.ш., и зону нисходящих потоков, в сегменте $\sim 20-30^\circ$ с.ш. Начиная с 2010 года в этих широтных зонах регистрируются изменения в динамических режимах проективного покрытия общей облачностью. Обычно неравновесные системы "распределяют" изменения своего режима по всем степеням свободы. Логично ожидать, что возникновение новой моды облачного покрова экваториальной зоны, также должно проявляться и в изменениях муссонной активности и связанных с этим, вариациями погодных условий средних широт. Изменения метеорологических характеристик в средних широтах наиболее интересны в практическом смысле, поскольку на этой территории находится существенная часть пахотных земель Земли.

Детализация направлений и масштабов изменений в средних широтах после 2010 г. требует дополнительного тестирования в виде сравнения значимых погодных характеристик между временными диапазонами до и после 2010 г.. К сожалению, период после 2010 г. слишком короток для получения статистически значимых оценок. Однако о

направленности тенденций в основной сельскохозяйственной зоне на севере Казахстана, можно пытаться судить, например, по двум сильнейшим засухам (2010 и 2012 гг.), которые обычно случаются раз в 10 лет и реже.

Заключение

Глобальный спутниковый мониторинг пространственно-временной доли месячного покрытия общей облачностью (Cloud Fraction) в течение 2005-2013 гг. по компонентам утренней (10.30 часов утра, спутник Terra) и обеденной облачности (13.30 часов, спутник Aqua) показывает наличие статистически значимой бимодальности в зоне 0-10° с.ш. в период 2005-2013 гг. Моды разделяются по времени регистрации, первый период, 2005-2009 гг., и второй - 2010-2013 гг.

Среднее проективное покрытие утренней общей облачностью за апрель-август между двумя периодами выросло приблизительно на 6%, с $75,3 \pm 1,8\%$ (2005-2009 гг.) до $79,8 \pm 2,1\%$ (2010-2013 гг.). Пространственная структура изменений обеспечена ростом проективного покрытия общей облачности в утреннее время, в основном, в экваториальной и тропической зоне Тихого океана. В зоне 20-30 ° с.ш., синхронно к зоне 0-10° с.ш., наблюдаются существенные изменения параметров сезонного цикла (зима-лето).

Изменения, возникшие после 2010 г. в экваториально-тропической зоне Северного полушария, где формируется муссонная и пассатная активность, инициируют вопрос о направленности связанных с этим многолетних погодных тенденций в средних широтах. Этот вопрос важен, особенно для сельскохозяйственного производства стран Северного полушария расположенных в средних широтах.

Работа выполнена при поддержке грантов №№ 0866/ГФ2 и 2308/ГФ3 МОН РК.

Литература

1. Астафьева Н.М., Раев М.Д., Шарков Е.А.. Изучение полярного переноса в атмосфере Земли методами дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 4. № 2. С. 27–32.
2. Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 260 с.
3. Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 616 с.
4. Педлаборд П. Муссоны: Пер. с англ. М.: Мир. 1963. 335 с.
5. Погосян Х.П. Общая циркуляция атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 393 с.
6. King M. D., Platnick S., Menzel W. P., Ackerman S. A., Hubanks P. A. Spatial and Temporal Distribution of Clouds Observed by MODIS Onboard the Terra and Aqua Satellites // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2013. Vol. 51. No. 7. P. 3826-3852.

Features of the dynamics of the equatorial cloud cover of the Earth in 2005-2013 from MODIS Terra and Aqua data

A.G. Terekhov, I.T. Park

Institute of Information and Computing Technology MES RK

Almaty 050010, Kazakhstan

E- mails: aterekhov1@yandex.ru, pak.it@mail.ru

Satellite monitoring data for 2005-2013 were analyzed to describe some aspects of the Earth's cloud dynamics. The monthly NEO Cloud Fraction product with resolution of 0,1 degrees was used. These data are formed on the basis of sun-synchronous polar-orbiting satellite data of Terra (MODIS) and Aqua (MODIS). The Cloud Fraction parameter has variation from 0 to 100 and represents monthly spatial-temporal share of cloud coverage at local time on the satellite overpass. The Terra satellite crosses the equator at 10:30 am, the Aqua three hours later, at 01:30 p.m. It is shown that the cloud cover dynamics of the equatorial zone of the Northern Hemisphere (latitudes 0-10° N) has two time modes. The first mode refers to 2005 – 2009, and the second to 2010 - 2013. The mode of 2010-2013 was characterized by higher values of the spatial-temporal share of cloud coverage in the morning (Terra) during April - August. The cloud cover share in the 0-10° N latitudes area in a 25-month sample of the 2005-2009 period amounted to $75,3 \pm 1,8\%$ vs. $79,8 \pm 2,1\%$ in a similar 20-month sample of 2010-2013. The differences between morning (Terra) and mid-day (Aqua) cloud covers represented by monthly Cloud Fraction values were used for the description of cloud cover changes forming the new time mode of 2010-2013. It was shown that the 2010-2013 mode of the general cloud cover is formed due to the growth of the morning projective cloud cover in the equatorial and tropical Pacific Ocean areas. The tropical zone of the Northern Hemisphere of the Earth (latitudes 20-30° N) during 2010-2013 was characterized by a significant change of the seasonal (winter-summer) cyclicity parameters. Thus, the changes in many-year regimes of cloud cover modes were recorded in the zone of trade-wind and monsoon activity in the Northern Hemisphere that should have an affected weather patterns of middle latitudes.

Keywords: remote sensing, MODIS radiometry, global atmospheric circulation, general cloud cover, spatial-temporal coverage, year's cyclicity, equatorial zone, time modes.

References

1. Astafieva N.M., Raev M.D., Sharkov E.A., Izuchenie polyarnogo perenosa v atmosfere Zemli metodami distantsionnogo zondirovaniya (Study of polar transition in Earth atmosphere by remote sensing methods), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2007, Vol. 5, No. 2, pp. 27–32.
2. Lorentz E.N., *Priroda i teoriya obshei zirkulyazii atmosfery* (Nature and Theory of general atmospheric circulation), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970, 260 p.
3. Palmén E., Newton C, *Tsirkulyazionnye sistemy atmosfery* (Circulating atmospheric systems), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1973, 616 p.
4. Pedelabord P., *Mussony* (Monsoons), Moscow: Mir, 1963, 335 p.
5. Pogosyan H., *Obshaya zirkulyaziya atmosfery* (General Atmospheric Circulation), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972, 393 p.
6. King M.D., Platnick S., Menzel W.P., Ackerman S.A., Hubanks P.A., Spatial and Temporal Distribution of Clouds Observed by MODIS Onboard the Terra and Aqua Satellites, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2013, Vol. 51, No. 7, pp. 3826-3852.