

Особенности мониторинга тропического циклогенеза в глобальном поле водяного пара

Я.Н. Шрамков, Е.А. Шарков, И.В. Покровская, М.Д. Раев

*Институт космических исследований РАН
117997, Москва, Профсоюзная ул., 84/3
E-mail: cinlun23@gmail.com*

Важнейшая задача при первоначальном циклогенезе и интенсификации различных форм тропических циклонов — выявление малоинерционного источника энергии, за счёт которого происходит формирование зрелых форм тайфунов. Таким источником может быть область водяного пара повышенной интегральной концентрации, захватываемая циклоном из тропической зоны. Для проверки этого предположения требуется особая компьютерная технология, обеспечивающая хранение комплексных данных, наследование типов и объектное поведение. В настоящее время эта технология носит название «хранилища данных». В работе рассматриваются преимущества объектно-реляционной модели для проверки гипотезы взаимосвязи интегральной концентрации водяного пара и тропических циклонов. С помощью программного обеспечения ENVI 4.3 и Microsoft Visual Studio 2008 разработан первый вариант хранилища данных EVA-00 объектно-реляционного типа, которая включает в себя дистанционную спутниковую информацию о двух стохастических процессах, обладающих принципиально различными пространственно-временными масштабными и структурными характеристиками.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 09-05-01019-а).

Ключевые слова: тропические циклоны, интегральное поле водяного пара, хранилища данных

Прогресс в разработках средств дистанционного зондирования Земли открыл новые возможности для исследования параметров окружающей геофизической среды по отношению к различным временным фазам эволюции природных катастроф. В первую очередь это относится к природным атмосферным катастрофам, таким как тропические циклоны (ТЦ), воздействие которых приводит к значительным материальным ущербам.

Особый интерес представляет изучение первичных форм ТЦ и сопутствующих этому процессу геофизических параметров. Для ученых, кроме задач прогнозирования возникновения первичных форм, интерес представляет последующий переход индивидуального первичного тропического возмущения в развитую форму ТЦ, а так же динамические и термодинамические особенности непосредственно в момент резкой интенсификации.

Однако попытки дистанционного исследования первичных форм тропических возмущений сталкиваются с целым рядом трудностей, и в первую очередь отсутствием общепризнанной физической модели этого сложного геофизического явления и требуемых геофизических параметров, подлежащих измерению. Несмотря на значительные усилия исследователей по наблюдению и регистрации отдельных (и фрагментарных) оптических и ИК-изображений тропических вихревых возмущений в различных фазах (см., например, Шарков, 1997, 2006; Sharkov, 1998, 2000), общепринятых дистанционных критериев «близости» геофизической среды к генерации индивидуального тропического возмущения и к кризисному моменту перехода в развитую форму пока не существует. Принципиально новым шагом в изучении дистанционных критериев генезиса ТЦ следует считать результаты комплексных многочастотных оптико-ИК-микроволновых спутниковых исследований эволюции оптического образа ТЦ в поле интегрального водяного пара, при анализе которых

обнаружен фундаментальный вклад малоинерционного источника энергии, за счёт которого происходит формирование зрелых форм тайфунов, и горизонтального переноса водяного пара глобальной циркуляцией и джетовыми потоками для поддержания функционирования зрелых форм ТЦ (*Шарков*, 2010; *Шарков* и др., 2008, 2009; *Ким* и др., 2009). Такой результат для проблемы генезиса ТЦ, разумеется, достаточно принципиальный. Однако он получен при исследовании лишь трех отдельных выборочных ТЦ. Для полновесного экспериментального доказательства этого положения необходимо исследование эволюции множественного тропического циклогенеза в поле интенсивно мигрирующего интегрального водяного пара тропической зоны земной атмосферы.

Сложность проблемы заключается в том, что необходимо провести синхронный анализ дистанционной спутниковой информации двух стохастических процессов, обладающих принципиально различными пространственно-временными масштабными и структурными характеристиками. Первый процесс – тропический циклогенез – рассматривается как стохастический набор случайных событий (объектов), а именно, стохастический генезис тропических циклонов (*Sharkov*, 2000), и второй – как пространственное глобальное поле интегрального водяного пара со значительной пространственно-временной изменчивостью (*Шарков* и др., 2009). Сочленение двух указанных баз должно быть произведено на минимальном временном интервале (в данном случае, на суточном временном пикселе). В случае же увеличения временного интервала сочленения этих двух процессов эффективность предлагаемого метода резко падает из-за конечного времени жизни тропических возмущений и высокой пространственно-временной изменчивости поля водяного пара. Попытки создания такого рода комплексных баз данных предпринимались (*Покровская* и др., 2004), однако полной компьютерной завершенности они не получили. Анализ методологии построения современных структур баз данных показал, что необходимое временное сочетание данных двух стохастических процессов возможно при использовании активно развивающейся в настоящее время технологии хранилища данных (*data mining*).

Цель настоящей работы – на основе преимуществ хранилища данных построения баз данных сформировать первый вариант базы данных EVA-00 с элементами объектно-реляционной технологии, которая включает в себя дистанционную спутниковую информацию о двух упомянутых выше стохастических процессах. На основе синхронного анализа этих стохастических полей удастся показать, что образование множественного тропического циклогенеза в течение годового интервала (и в Северном и Южном полушариях) происходит в поле повышенной концентрации интегрального водяного пара. Эта взаимосвязь становится очевидной только при применении специальных технологий обработки спутниковой информации и хранилища данных.

Мультимедийные типы данных, такие как спутниковые изображения, разномасштабные карты, видеоклипы обычно обрабатываются специализированным программным обеспечением. Для удовлетворения этих потребностей и была выработана концепция технологии хранилищ данных, которая обеспечивает достаточно простые методы разработки, развертывания и управления приложениями, оперирующими со сложными данными.

Сложность задачи заключается в том, что приложения этих созданных новых типов данных должны оперировать абстракциями, свойственными данной предметной области (эволюция тропических циклонов как стохастический набор случайных событий и эволюция пространственно-временного поля водяного пара). Весьма желательно интегрировать

эти новые типы с сервером баз данных настолько тесно, насколько это возможно, чтобы они обрабатывались наравне со встроенными стандартными типами данных.

Хранилище данных EVA-00 использует информацию от своих предшественниц: баз данных GLOBAL-TC и GLOBAL-FIELDS. Первая представляет собой хранилище систематизированных дистанционных данных о глобальном тропическом циклогенезе, т. е. содержит информацию о физическом процессе, рассматриваемом на всех акваториях Мирового океана (Покровская, Шарков, 2006). База данных GLOBAL-FIELDS содержит информацию о глобальных полях радиоярких температур (Ермаков и др., 2007).

База данных EVA-00 представляет собой комплекс программ, который выполняет все необходимые на данный момент функции для обработки глобальных полей водяного пара и информации о тропических циклонах. В основу обработки и устройства полей водяного пара положен принцип рассмотрения глобальных дистанционных данных как длинных рядов пространственно-временных наблюдений. При этом длительная последовательность полей водяного пара рассматривается не как механическое объединение данных из нескольких файлов, соответствующих моментам съёмки, а является с точки зрения пользователя основной структурной единицей базы данных, генерируемой по запросу пользователя и позволяющей применение к себе дальнейших операций обработки. Конкретные характеристики рядов данных (источники данных, пространственная и временная протяженность, дискретизация и осреднение и т. д.) определяются параметрами запроса пользователя (элементы объектно-реляционных технологий). Выходные данные могут быть записаны в один или несколько файлов. Наиболее естественным методом является метод визуализации полученных данных путем формирования серий изображений либо видеоклипа.

На основе полученной комплексной базы данных сформирован демонстрационный анимационный ролик, представленный на сайте отдела исследования Земли из космоса ИКИ РАН (http://www.iki.rssi.ru/asp/dep_coll.htm) и наглядно демонстрирующий связь областей повышенной концентрации водяного пара и генезиса тропических циклонов. В качестве примера продуктов настоящей базы данных приведем фрагмент анимации глобального поля водяного пара и тропического циклогенеза, а также временной последовательности из анимации локальных полей и детализированных фрагментов. На рис. 1 представлено глобальное поле интегрального водяного пара на акватории Мирового океана за 5 сентября 2001 г. Цветовая схема интенсивностей водяного пара представлена внизу рисунка, при этом максимальным значениям концентрации водяного пара соответствуют багровые области. Данные снимки получены с дискретизацией один раз в сутки. В нижнем левом углу представлена текущая дата снимка в формате месяц_день_год. Синими квадратами на рисунке отображаются тропические циклоны в зрелой форме. 5 сентября 2001 г. одновременно в циклогенерирующих акваториях Мирового океана наблюдалось четыре тропических циклона – Danas, Erin, Gil, Henriette в различных стадиях своего развития. Стоит отметить, что все тропические циклоны попадают в багровые области содержания водяного пара, т. е. в областях водяного пара с интенсивностью выше 60 кг/м². Содержание водяного пара не представлено на материках в виду сложности решения обратной задачи над континентами. Анализ анимации глобального поля интегрального водяного пара показал, что оно обладает очень сильной пространственно-временной изменчивостью. Западный перенос поля водяного пара может составлять 300...400 км/сут и при этом со значительным изменением формы

изолиний различной интенсивности. Именно с этим, скорее всего, связано достаточно высокое значение среднеквадратического отклонения между данными, восстановленными из спутниковых, и значениями поля водяного пара, измеренными методом радиозондирования. Подчеркнем, что речь идет о временных масштабах порядка суток, необходимых для исследования эволюции в энергосодержании поля водяного пара в процессе циклогенеза. Если исследования ведутся в масштабах месячных и сезонных усреднений (Ruprecht, 1996), то подобной проблемы не возникает.

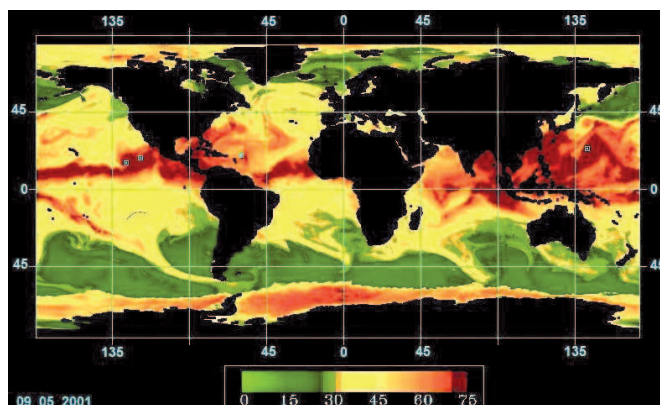


Рис. 1. Глобальное поле водяного пара в акваториях Мирового океана за 5 сентября 2001 г.

Центры облачных структур четырех тропических циклонов, функционировавших за 5 сентября 2001 г., обозначены белыми квадратиками

В качестве примера продукта анимации локальных полей и детализированных фрагментов на рис. 2 показана эволюция поля водяного пара в северо-западной части Тихого океана в присутствии тропического циклона Francisco на различных стадиях его развития и диссипации.

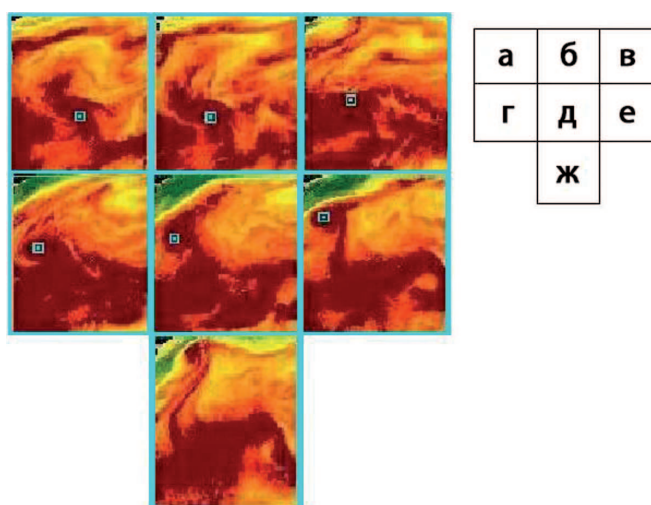


Рис. 2. Временная эволюция поля интегрального водяного пара в северо-западной части Тихого океана в присутствии ТЦ Francisco за 19–25 сентября 2001 г. Центр облачных структур ТЦ обозначается белым квадратом: а — 19.09.2001 г.; б — 20.09.2001 г.; в — 21.09.2001 г.; г — 22.09.2001 г.; д — 23.09.2001 г.; е — 24.09.2001 г.; ж — 25.09.2001 г.

В результате с помощью программного обеспечения ENVI 4.3 и Microsoft Visual Studio 2008 разработан первый вариант хранилища данных EVA-00 с элементами объектно-реляционных технологий, которое включает в себя дистанционную спутниковую информацию о двух стохастических процессах, обладающих принципиально различными пространственно-временными масштабными и структурными характеристиками. Первый процесс – тропический циклогенез – рассматривается как стохастический набор случайных событий (объектов) – тропических циклонов, и второй – как пространственное глобальное поле интегрального водяного пара со значительной пространственно-временной вариабельностью за 2001 г. Экспериментально представлена связь областей водяного пара повышенной концентрации и генезиса тропических циклонов, которая стала очевидной только при применении объектно-реляционных технологий. При всех достоинствах баз данных GLOBAL-TC и GLOBAL-FIELDS их использование для проведения аналитических исследований и использования этих данных в автоматическом режиме не достаточно эффективно. Как показано в работе, несомненным лидером в обработке и хранении такого рода комплексной информации будут технологии реляционных баз данных. В ближайшее время планируется улучшение хранилища данных EVA-00 и перевод информации о тропическом циклогенезе и глобальном поле водяного пара в реляционную модель данных.

Литература

1. *Ермаков Д.М., Раев М.Д., Сулов А.И., Шарков Е.А.* Электронная база многолетних данных глобального радиотеплового поля Земли в контексте многомасштабного исследования системы океан-атмосфера // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 1. С. 7–13.
2. *Ким Г.А., Шарков Е.А., Покровская И.В.* Эволюция и энергетическая структура тропического циклона Hondo по данным оптико-микроволнового спутникового зондирования // Современ. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса. 2009. Вып. 6. Т. 2. С. 126–136.
3. *Покровская И.В., Шарков Е.А.* Тропические циклоны и тропические возмущения Мирового океана: хронология и эволюция. Версия 3.1. (1983–2005). М.: Полиграф сервис, 2006. 728 с.
4. *Покровская И.В., Руткевич П.Б., Шарков Е.А.* Сценарный принцип усвоения спутниковой и наземной информации в контексте задач исследования атмосферных катастроф // Исслед. Земли из космоса. 2004. № 3. С. 32–42.
5. *Шарков Е.А.* Аэрокосмические исследования тропических циклонов // Исслед. Земли из космоса. 1997. № 6. С. 87–111.
6. *Шарков Е.А.* Дистанционные исследования атмосферных катастроф // Исслед. Земли из космоса. 2010. № 1. С. 52–68.
7. *Шарков Е.А., Ким Г.А., Покровская И.В.* Эволюция тропического циклона Goni и его связь с полем интегрального водяного пара в экваториальной области // Исслед. Земли из космоса. 2008. № 6. С. 25–30.
8. *Шарков Е.А., Ким Г.А., Покровская И.В.* Множественная генерация тропических циклонов в Южном Индийском океане // 7-я Всерос. открытая ежегод. конф. «Современ. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН, 16–20 нояб. 2009.: Тез. докл. [Электрон. ресурс]. М.: ИКИ РАН, 2009. С. 179. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
9. *Ruprecht E.* Atmospheric water vapor and cloud water: an overview // Advances in Space Research. 1996. V. 18. N. 7. P. 5–16.
10. *Sharkov E.A.* Remote Sensing of Tropical Regions. Chichester, N. Y. etc.: John Wiley and Sons/PRAXIS., 1998. 320 p.
11. *Sharkov E.A.* Global tropical cyclogenesis. L., Berlin, etc.: Springer/PRAXIS, 2000. 370 p.

Features of Monitoring of Tropical Cyclogenesis in the Global Field of Water Vapor

Y.N. Shramkov, E.A. Sharkov, I.V. Pokrovskaya, M. D. Raev

*Space Research Institute (IKI RAN)
117997, Moscow, Profsovnaya str., 84/32
E-mail: cinlun23@gmail.com*

Using software ENVI and Microsoft Visual Studio 2008 alpha version of data mining system EVA 00 was proposed and prepared. This base includes remote sensing information about two stochastic processes, have radically different temporal-spatial-temporal scale and structure characteristics. The first process is the tropical cyclogenesis, is shown as a stochastic set of random events (tropical cyclones). The second process is spatial global field of the integral perceptible water with strong spatial-temporal variability during 2001. In the paper it is shown, the object-relation data base has some advantages over standard data bases.

Keywords: tropical cyclone, integral field of water vapor, data mining.