

до многолетних. Рассмотрена в данной работе методика оценки вероятности возникновения тропического урагана, безусловно, должна рассматриваться как начало исследования подобного рода индикаторов, которые интегрально характеризуют источники ураганов и разделяют все фазовое пространство СОА на зоны с определенным уровнем вероятности зарождения тропического урагана.

Литература

1. Гранков А.Г., Мильшин А.А. О корреляции влажности и влагоосодержания с температурой приземного слоя воздуха. // *Метеорология и гидрология*, 1994, № 10, с. 78-81.
2. Гранков А.Г., Мильшин А. *Взаимосвязь радиозлучения системы океан-атмосфера с тельюями и динамическими процессами на границе раздела*. М.: Физматлит, 2004, 166 с.
3. Гранков А.Г., Мильшин А.А., Шелобанова Н.К., Черный И.В. Результаты сопоставления данных измерений радиометра МТВЗД спутника «МЕТЕОР-3М» и радиометра SSM/I спутника F-13 (DMSP) в Северной Атлантике. *Радиотехника и электроника*, 2006, №3, 168-173.
4. Крайвин В.Ф., Мкртчян Ф.А. Эффективность мониторинговых систем обнаружения. Экологические системы и приборы, 2002, № 6, с. 3-5.
5. Сыровороткин В.Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. ООО "Теонформцентр", Москва, 2002, 250 с.
6. Ginoux P., Prospero J., and Torres O. Long-term simulation of dust distribution with the GOCSART model: Correlation with the North Atlantic Oscillation. Proc. of ICARSS/GCTE-SEN Joint Conference, International Center for Arid and Semiarid Lands Studies, Texas Tech. Univ., Lubbock, Texas, 2002, pp. 241-245.
7. Nasagawa, Y. and Kasagi, N. Turbulent mass transfer mechanism across a contaminated air-water interface. Proc. 4th Int. Symp. Turbulence and Shear Flow Phenomena (TSEF-4), Williamsburg, Virginia, June 27-29, 2005, pp. 971-976.
8. Nomrostell A., Schrott A., Sobachkin A., Khatiza V., A. Evushenko A., and Zagonin G. Modelling and measurement of Stokes vector microwave emission and scattering for a precipitating atmosphere // in *Microw. Remote Sens. Earth's Surf. Atmosphere*. P. Rampradani, S. Paloscia (Eds.), 313-323. VSP 2000, Utrecht, Boston, Köln, Tokyo.
9. Kondratyev K.Ya., Ivlev L.S., Kravtsov V.F., and Varotsov S.A. Atmospheric Aerosol Properties. Springer/Praxis, Chichester UK, 2005, 572 pp.
10. Kondratyev K.Ya., Kravtsov V.F. Monitoring and prediction of natural disasters. *IL NUOVO*, 2005, vol. 27C, No. 6, pp. 657-672.
11. Kondratyev K.Ya., Kravtsov V.F., Varotsov S.A. *Natural disasters as interactive components of global ecosystemics*. Springer/PRAxis, Chichester, UK, 2006, 578 pp.
12. Minzter I.M. A matter of degrees: the potential for controlling the greenhouse effect. // *World Resources Institute Res. Rep.*, 1987, no. 15, 70 pp.
13. Munich Re. *Topic Geo. Annual Review: Natural Catastrophes 2004*. München: Rückversicherungsgesellschaft, München (Germany), 2005, 60 pp.
14. Power S. and Pearce K. Tropical cyclones on a changing climate: research priorities for Australia. – Melbourne: Research Report No. 131, Bureau of Meteorology Research Centre, 2007. – 50 pp.
15. Yamagata, T., Veheta, S.K., Luo, J.J., Masson, S., Juty, M.R., and Rao, S.A. Coupled Ocean-Atmosphere variability in the tropical Indian Ocean. In: C.Wang, X.-P. Xie, and J.A. Carton (eds). *Earth Climate: The Ocean-Atmosphere Interactions*, Springer, Berlin, 2004, pp. 189-212.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АПВЕЛИНГА КАК ПРИЗНАКА ПРОХОЖДЕНИЯ ТРОПИЧЕСКОГО ЦИКЛОНА

Канд. техн. наук И.И. Потапов

(Всероссийский институт научной и технической информации РАН, Москва),
канд. физ.-мат. наук В.Ю. Солдатов

(Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва)

SIMULATION MODEL OF THE UPWELLING AS OF A TRACE INDICATOR FOR TROPICAL CYCLONE

I.I. Potapov, V.Yu. Soldatov

Тропический циклон, обнаружение, апвеллинг, температура, экосистема, продуктивность, привязные решения

Tropical cyclone, detection, upwelling, temperature, ecosystem, productivity, decision making

Предложен алгоритм обнаружения зоны прохождения тропического циклона в океане, основанный на регистрации вновь зарождающегося апвеллинга. На основе анализа литературных источников показано, что механизм образования нового апвеллинга связан с ветровым возмущением на поверхностный слой океана. Описана экологическая модель в проодуктивности, использованная которой обеспечивает выявление резких скачков в проодуктивности вновь возникшей зоны апвеллинга мембрантуры верхнего слоя океана. В случае сохранения тенденции в появлении таких скачков принимается решение о зарождении тропического циклона. Диссертационное обнаружение таких зон позволяет следить за траексией перемещения циклона, а привлечение многоканальной информации обеспечивает оценку интенсивности циклона. Данная работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (Грант 14-01-31117 мол.).

Algorithm for the zone detection of tropical cyclone passing in the ocean based on the registration of new upwelling. It is shown on the base of literature sources that mechanism of new upwelling formation connects with the wind influence on the upper ocean layer. Ecological model of upwelling zone is described the use of which gives a possibility to discover the sudden change in productivity of new zone where sea surface temperature is decreased. In the case of preservation of tendency in the appearance of such sudden changes, a solution about the tropical cyclone beginning is taken. Remote detection of such zones allows the tracing of the cyclone moving, and use of multi-channel information gives a possibility to assess the cyclone intensity. This study was supported by the Russian Fund for Basic Researches (Grant 14-01-31117 mol).

1. Введение

Наблюдения за тропическими циклонами показывают, что среди многообразия их воздействий на окружающую среду, как на суше, так и над океанами, включается ряд изменений, которые однозначно соответствуют признаку прохождения тропического циклона [1,5-7,10-12]. Безусловно, количество таких признаков на суше значительно больше, чем в океане. Тем не менее, при прохождении тропического циклона над океаном вследствие усиления процесса перемешивания поверхностного слоя воды зарождается апвеллинг, который вызывает охлаждение

65-75
SWS 13
65, 74

ГЕОИ
6

Рис.
Рез. англ.
БП
6

7) формирование динамического ряда $\{I_n(t)\}$ для подзорительного элемента с целью принятия статистического решения о его шумовом или сигнальном характере и в последнем случае проверка подзорительного элемента по критериям следующего уровня точности (попадание вектора $\{x_i\}$ в кластер, пересечение заданного порога и т. п.);

8) принятие окончательного решения о приближении момента перехода СОА в состояние урагана первой категории с выдачей информации соответствующим службам контроля окружающей среды.

Эффективность такой системы мониторинга зависит от параметров измерительных технических средств и алгоритмов обработки данных наблюдений. Важную роль здесь играет модель окружающей среды, используемая параллельно с формированием и статистическим анализом ряда $E_m = \{I_n(t)\}$ и адаптируемая к режиму мониторинга в соответствии со схемой рис. 4.

Из введённого выше критерия приближения урагана видно, что форма и поведение $I_n(t)$ имеют характерный вид для каждого типа процессов в окружающей среде. Одна из сложных задач состоит в определении этих форм и соответствующей их классификации с использованием различных источников данных для расчета $I_n(t)$. Создание каталога таких признаков для всех возможных ситуаций зарождения ураганов различной категории и внесение его в базу знаний мониторинговой системы является необходимым этапом повышения ее эффективности. Возможно, что наиболее перспективным подходом к созданию такого каталога, является формирование спектральных образов акваторий СОА. Знание совокупности информативных признаков $\{x_i\}$ этих акваторий с ураганом i -й категории и априорное определение ее кластера X^i в пространстве этих признаков позволяет в процессе спутникового слежения рассчитывать скорость v_i приближения точки $\{x_i\}$ к центру X^i и, таким образом, рассчитать время наступления момента зарождения урагана.

Реализация указанного на рис. 4 трех-уровневого режима принятия решения о приближении момента зарождения урагана зависит от согласованности простейшего и временного масштабов системы мониторинга с соответствующими характеристиками природного явления. Поэтому необходимо детализировать элементы каждого уровня принятия решений о зарождении урагана. Для этого целесообразно адаптировать к рассматриваемой задаче метод последовательного анализа, чтобы создать процедуру принятия решения на основе текущих данных.

Литература

1. Рондур В.Г., Крапивин В.Ф. Космический мониторинг тропических циклонов. -М.: Научный мир, 2014. - 508 с.
2. Виноградов М.Е., Крапивин В.Ф., Мешуткин В.В. Математическая модель функционирования экосистемы пелагиали тропических районов океана // Океанология, 1973. - Т.13. - №5. - С.852-866.
3. Виноградов М.Е., Шушкина Э.Я., Крапивин В.Ф. Некоторые вопросы исследования биологических систем океана // Экспресс информатика. Рыбохозяйственное использование ресурсов Мирового океана. -М.: Знание, 1974. - сер. 1 - вып.2. -С. 8-21.

4. Крапивин В.Ф., Флейшман Б.С. Обобщенная математическая модель балансовых соотношений в экосистеме тропических вод океана. // В кн.: Информационные методы в системах управления, измерений и контроля. - Владивосток: ИИП ДВНЦ ДАИ СССР, 1972. - Т.2. - С. 350-359.

5. Brandt S. The effects on a tropical cyclone of cooler surface waters due to upwelling and mixing produced by a prior tropical cyclone // Journal of Applied Meteorology, 1971. - V.10. - P.865-874.

6. James V., Shay L.K., Drewster J., Schuster R., and Rowell M.D. Upreg ocean observations of upwelling processes during tropical storm/hurricane Isaac. <http://www.roweststorm.com>

7. Kling J.L., Richardson D.C., Ewing N.A., Nagreaves B.R., Nihar R.S., Yachon D., Pierson D.C., Lindsey A.M., O'Donnell D.M., Effler S.W., and Weathers K.C. Ecosystem Effects of a Tropical Cyclone on a Network of Lakes in Northeastern North America // American Environmental Scientific Technology, 2012. - V.46. - P. 11693-11701

8. Kondratyev K. Ya., Karavin V.F. Monitoring and prediction of natural disasters. // ЦИУОВО, СИМЕНТО, 2005. - V. 27С. - No.6. P. 657-672.

9. Kondratyev K. Ya., Karavin V.F., Savinukh V.P., and Varotosos C.A. Global Ecosystems: A Multidimensional Analysis. - Chichester U.K.: Springer/PRAAXIS, 2004. - 658 pp.

10. Marler T.E. and Fetteras U.F. Differential leaflet mortality may influence bio-geochemical cycling following tropical cyclones // Communicative & Integrative Biology, 2014. - V.7:1. - No.1. - P. e27924-1-e2799924-3.

11. Moore J. K. and Abbott M.R. Phytoplankton chlorophyll distributions and primary production in the Southern Ocean // Journal of Geophysical Research: Oceans, 2012. - V.105. - Issue C12. P. 28709-28722

12. Rao A.D., Vabu S.V., and Dube S.K. Impact of a tropical cyclone on coastal upwelling processes // Natural Hazards, 2004. - V.31. - P. 415-435.

13. Vinnogradov M.E., Meshutkin V.V., Shushkina E.A. On mathematical simulation of a pelagic ecosystem in tropical waters of the ocean // Marine Biology, 1972. - V.16. -No.4. -P. 261-268.