# ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ РАЗДЕЛ ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОФОТОСЪЕМКА

**№** 5

Журнал основан в июле 1957 года Выходит шесть раз в год ной экологической политики России на период до 2030 г.

- 2. Для реализации госполитики целесообразна коррекция механизмов платы за размещение отходов, применение методов экологического страхования и экологической конверсии.
- 3. Получение основных технологических данных по размещению отходов в регионах России должно быть основано на современных методах дистанционного зондирования Земли и реализации ГИС-технологий.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Ашихмина Т.Я., Сюткин В.М. Комплексный экологический мониторинг регионов. Киров: ВГПУ, 1997. –286 с.
- 2. Вишневский  $\hat{E}$ .В., Мамин  $\hat{P}$ . $\Gamma$ . Экология и страхование. М.: ТИССО, 2005. -128 с.
- 3. Кураев С.Н., Мамин Р.Г. Экологическая конверсия и устойчивое развитие Российской Федерации. М.: РРЭЦ, 2003. –86 с.
- 4. Бондур В.Г., Крапивин В.Ф., Савиных В.П. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. М.: Научный мир, 2009.-690 с.
- 5. Ясаманов Н.А. Основы геоэкологии. М.: Академия, 2008. –352 с.
- 6. Мамин Р.Г. Безопасность природопользования и экология здоровья. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. –238 с.
- 7. Управление окружающей средой. Экологическая оценка инвестиционных проектов. М.: ЦПРП, 2000. 138 с.

Поступила 5 июня 2012 г.

# КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АТЛАНТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ТРОПИЧЕСКОГО ЦИКЛОГЕНЕЗА

Академик РАН В.Г. Бондур, инженер С.А. Васякин

Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС», Москва E-mail: wasyakin@gmail.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования распределений температуры поверхности океана и активности тропических циклонов в Атлантической зоне тропического циклогенеза, полученные путем обработки космических изображений, сформированных с помощью аппаратуры MODIS (спутники AQUA и TERRA) за период времени с 2002 по 2010 гг. Выявлена связь активности тропических циклонов с температурой водной среды. Показано, что аномально высокая температура поверхности океана в 2005 г. явилась катализатором небывалой активности разрушительных по силе и масштабам тропических циклонов в Северной Атлантике, таких печально известных как Katrina, Rita и др. Результаты подтвердили эффективность методов космического мониторинга по изучению и предотвращению опасных мезомасштабных вихревых процессов в системе океан—атмосфера, а также для изучения изменения климата.

**Ключевые слова:** космический мониторинг, дистанционное зондирование Земли, тропические циклоны, температура поверхности океана, ураганы, климат, атмосфера

**Abstract.** This paper presents the results of using satellite data for monitoring of tropical cyclones. The relationship between tropical cyclone activity and temperature of the water environment was noted basing on the results of the study of global and regional distribution of sea-surface temperatures in the Atlantic zone of tropical cyclogenesis for the period from 2002 to 2010, received by processing satellite images, formed using MODIS instruments (satellites AQUA and TERRA). It is shown that high temperature of sea surface in 2005 was the catalyst for unprecedented activity on the destructive force and magnitude of tropical cyclones in the North Atlantic, including hurricanes such as Katrina, Rita, etc. The results confirmed the effectiveness of methods of space monitoring for the study and prevention of hazardous mesoscale vortical processes at the ocean-atmosphere system, as well as for the climate changes.

**Keywords:** satellite monitoring, remote sensing of the Earth, hurricane, sea surface temperature, atmosphere, climate

**Введение.** В настоящее время все большую актуальность приобретают методы и технологии космического мониторинга для изучения и прогнозирования масштабных изменений в окружающей природной среде. В первую очередь это относится к возникновению и распространению природных катастроф [1].

Одними из наиболее разрушительных природных явлений на Земном шаре, представляю-

щих собой серьезную угрозу для человечества, унося множество человеческих жизней и нанося огромный экономический ущерб, являются тропические циклоны [1–3]. Экономический ущерб, наносимый экономике государств, подверженных воздействиям тропических циклонов, исчисляется от десятка миллионов до миллиардов долларов в год [1]. Так, например, только обрушившийся на побережье США

ураган «Катрина» унес более 1800 жизней, а ущерб составил около 175 млрд долл. [1].

В связи с этим важнейшей задачей для обеспечения социальной, экономической и экологической безопасности государств является разработка современных методов исследования и прогнозирования таких мезомаштабных вихревых процессов на границе атмосферы и океана, как тропические циклоны. Эффективно это решается путем создания комплексных систем непрерывного мониторинга, важное место среди которых занимают космические средства [1, 4]. Основными достоинствами современных средств космического мониторинга являются: широкий пространственный охват; высокое разрешение и оперативность получения данных; возможности регистрировать множество параметров окружающей среды [1, 4]. Одним из наиболее важных среди таких параметров, является температура поверхности океана.

Цель настоящей работы — исследование взаимосвязи температуры поверхности океана с активностью мезомасштабных вихревых процессов на границе атмосферы и океана в североатлантической зоне тропического циклогенеза на основании космических данных, полученных аппаратурой MODIS, установленной на спутниках TERRA и AQUA, а также подспутниковой и архивной информации.

**Выбор района исследования.** К тропическим циклонам относят атмосферное возмущение с пониженным давлением воздуха и штормовыми скоростями ветра, возникающее, как правило, в тропических широтах [1–4].

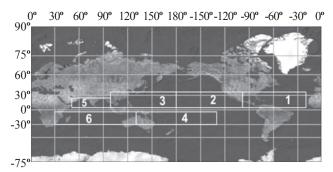


Рис. 1. Зоны тропического циклогенеза:

1 — Атлантическая;
 2 — Тихоокеанская северо-восточная;
 3 — Тихоокеанская северо-западная;
 4 — Тихоокеанская юго-западная и Австралийская;
 5 — Индийская северная,
 6 — Индийская юго-западная

Тропики являются накопителями энергии, а циклоны переносят ее в высокие широты, не давая перегреваться этим регионам Земли. Таким образом, циклоны являются важным связующим звеном между различными широтными поясами Земли [2]. Тропические зоны глобальной системы «атмосфера—океан» имеют важное значение в эволюции климатических и метеорологических процессов [5–7].

При выборе объекта исследования в настоящей работе была проанализирована активность опасных мезомасштабных явлений на границе атмосферы и гидросферы в шести зонах тропического циклогенеза (рис. 1), а также особенности теплового баланса и циркуляции Мирового океана. Поскольку тропический циклогенез непосредственно связан с общим теплообменом на нашей планете, то необходимо внимательно рассмотреть взаимодействие всех факторов в системе «океан-атмосфера», от которых зависит, в частности, распределение тепла в глобальном масштабе. При этом, одним из главных среди таких факторов является влияние Мирового океана [1, 8]. Воды Мирового океана при их высокой теплоемкости (в 4 раза больше, чем у воздуха) поглощают солнечной энергии в среднем около  $3,77\cdot10^9$  Дж·м<sup>-2</sup> в год, в то время как суша — только  $2,09 \cdot 10^9 \, \text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$  в год. Очевидно, что в Мировом океане, помимо солнечной радиации, других более или менее значительных источников тепла нет [8].

Наблюдение, контроль и прогноз относительно коротких межгодовых и сезонных изменений, происходящих в ключевых районах возникновения и развития тропических циклонов, имеют важное значение при проведении регионального мониторинга.

Для выбора района исследования были проанализированы архивы первичных данных о тропическом циклогенезе, а также информация, содержащаяся в базе данных НИИ «АЭРОКОСМОС». Такие архивы содержат подробные данные обо всех прошедших тропических циклонах, а также об их параметрах по всем акваториям Мирового океана (http://www.nhc.noaa.gov/). Анализ этих баз данных показал, что с 1995 по 2005 гг. наблюдалось резкое изменение характеристик ураганов в Северной Атлантике, включая их число,

интенсивность, продолжительность, области возникновения, особенности траекторий. Так за сезон 2005 г. возникло 28 тропических циклонов (среднегодовая норма 9–10), причем 14 из них стали ураганами (норма 5–6), а четырем из них была присвоена, высшая категория опасности V. В то же время, за период с 1970 по 1999 гг. в этом регионе их возникало в среднем 13.

На рис. 2 представлено распределение по годам экономического ущерба от тропических циклонов для США за период с 2000 по 2010 гг. [1, 4]. Анализ рис. 2 показал, что наибольший урон принесли тропические циклоны в 2005 г.

На основе анализа результатов сопоставления особенностей теплового баланса Мирового океана, статистической информации об активности ураганов, в качестве района для проведения исследований была выбрана одна из самых энергоактивных зон — Северо-Атлантическая зона тропического циклогенеза.

**Выбор контролируемого параметра.** По современным представлениям существует несколько механизмов, объясняющих причины возникновения тропических циклонов при выполнении нескольких условий [1-4]:

температура воды в слое океана от поверхности до глубин порядка 50 м должна быть выше 26°C;

атмосфера должна обладать неустойчивой стратификацией;

область зарождения циклона должна быть не ближе 500 км от экватора;

необходимо зарождение незначительного первоначального вихря, который может играть роль спускового механизма.

Общую картину формирования тропического циклона можно представить следующим образом [3, 8, 9]. После зарождения первоначального вихревого возмущения вблизи его оси возникает небольшая область пониженного давления, в которую втягивается теплый влажный воздух. Далее этот воздух поднимается вверх, вызывая конденсацию водяных паров. Выделяющееся тепло конденсации прогревает столб атмосферы, вызывая еще большее падение атмосферного давления у поверхности

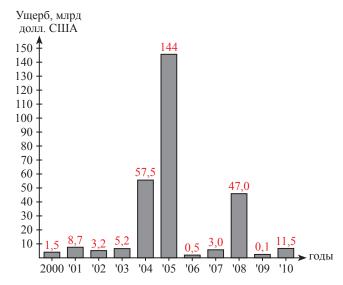


Рис. 2. Статистика полного ущерба от тропических циклонов, нанесенного экономике США с 2000 по

океана и таким образом реализуется работа тепловой машины с положительной обратной связью, осуществляющей дальнейшее развитие тропических циклонов. При этом, тропический циклон берет свою основную энергию посредством изъятия тепла из перегретой поверхности океанов.

Поиск физических механизмов, адекватно описывающих возникновение тропических циклонов как крупномасштабных неустойчивостей и их дальнейшее развитие, является важнейшей физической проблемой. Главный вопрос генезиса этого катастрофического явления состоит в источнике энергии [1, 7, 10]. Поскольку тропические циклоны черпают энергию из перегретой поверхности океана, то становится необходимым восстановление взаимосвязи колебания температур на поверхности океана с активностью тропических циклонов. В рамках последних исследований получены результаты, подтверждающие интенсификацию активности ураганов вследствие глобального потепления [1, 5, 11].

Учитывая сказанное, физическим параметром среды для настоящего исследования была выбрана температура поверхности океана, регистрируемая с помощью современных космических систем.

Формирование исходных данных для проведения исследований. Одним из основных климатических факторов, существенно определяющих динамику мезомасштабных вихревых процессов в системе на границе атмосферы и океана, является уходящее длинноволновое излучение [1, 11]. Детектирование климатических проявлений глобальных энергетических процессов и выявление их взаимосвязей с аномальными природными явлениями базируется на данных временных рядов космических наблюдений исследуемых параметров [1, 7].

Космическими радиометрами измеряют интенсивность излучения, испускаемого поверхностью океана в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра. Тепловые съемки позволяют проводить исследование температуры океана как в региональном, так и в глобальным масштабах [1, 4]. Это важно также и для исследования комплекса факторов, влияющих на глобальное изменение климата [1, 5, 6].

В настоящей работе используются космические данные, полученные с помощью сканирующих спектрорадиометров MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), которые установлены на спутниках TERRA и AQUA. Эти космические средства позволяют оперативно регистрировать информацию о различных параметрах изучаемой среды в 36 каналах электромагнитного спектра. Данные, полученные с помощью аппаратуры MODIS, общедоступны (www.modis.gsfc.nasa.gov, www.oceancolor.gsfc.nasa.gov).

Измерения температуры поверхности океана осуществляются в дальнем ИК-диапазоне электромагнитного спектра, где излучательная способность воды близка к единице (0,95-0,97) и практически не зависит от состояния водной поверхности. Определение температуры поверхности океана по ее ИК-излучению основано на регистрации лучистой энергии, испускаемой поверхностным слоем воды в окне прозрачности атмосферы 8-13 мкм, где поглощение излучения водяными парами и газами атмосферы минимально [4, 9]. В этом окне прозрачности сканирующий спектрорадиометр MODIS имеет два спектральных канала в ИК-области спектра (10,780-11,280; 11,770-12,270 мкм), которые пригодны для определения температур [9]. Эти спектральные каналы соответствуют области максимума теплового излучения при температуре черного тела 300 К. Они используются для реализации двуканального метода определения температуры поверхности океана, который основывается на использовании синхронных измерений спектральной плотности энергетической яркости направленного вверх ИК-излучения [1, 9].

По измерениям, выполненным спектрорадиометром MODIS, рассчитываются физические параметры, необходимые для мониторинга океана и атмосферы. Они составляют так называемые информационные продукты MODIS (в настоящем исследовании — Sea Surface Temperature (SST): MOD28). При этом были выбраны 6 месяцев в каждом году — с июня по ноябрь (период активизации тропического циклогенеза в Северной Атлантике). Эти данные систематизировались за период с 2002 по 2010 гг. Для проведения анализа использовались уровни обработки Level3 с пространственным разрешением 4 км с интервалом осреднения в 1 месяц.

Глобальные распределения температуры поверхности океана формировались с помощью программного комплекса ENVI. Сформированные данные в формате HDF-EOS поступали в zip-архивы. Каждый архив имел свое название, соответствующее типу, виду и временному интервалу осреднения композитных данных.

Методика исследований, обработки и анализа данных. Методика проведения исследований состояла в реализации ряда последовательных этапов:

- 1) из базы данных «АЭРОКОСМОС» выбирались многоспектральные космические данные, содержащие информацию о распределении температур океана, полученные с помощью приборов MODIS, установленных на спутниках AQUA и TERRA в период с 2002 по 2010 гг.;
- 2) проводилось извлечение продуктов MODIS из архивов, их систематизация, предварительная обработка по алгоритмам восстановления сжатых данных, привязка и полу-

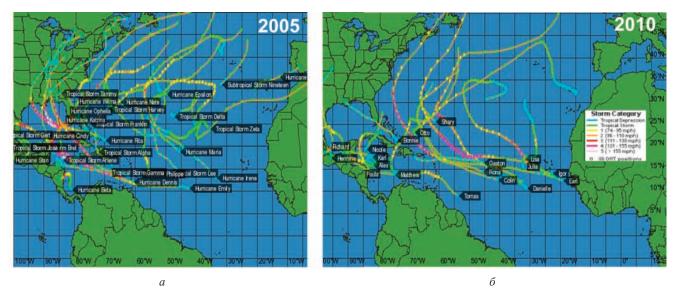


Рис. 3. Траектории тропических циклонов в северной Атлантике за 2005 г. (a) и 2010 г. ( $\delta$ )

чение глобальных распределений температур поверхности океана;

- 3) для выбора координат участка исследований в Северной Атлантике рассматривались траектории движения тропических циклонов за 2002–2010 гг., места их зарождения и скопления (рис. 3);
- 4) проводилась обработка данных для получения региональных распределений температур в выбранном районе исследования;
- 5) рассчитывалась средняя температура изучаемого района за месяц;
- 6) на основе средних значений температур океана разрабатывалась цветокодированная шкала и строились цветные карты распределений температур по месяцам в Атлантической зоне тропического циклогенеза для визуального анализа;
- 7) проводилась верификация полученных результатов о колебаниях температуры путем сравнения с подспутниковыми данными, полученными с помощью наводных буев NOAA;
- 8) исследовалась взаимосвязь температуры океана с активностью тропических циклонов в Атлантической зоне циклогенеза.
- 9) строились диаграммы колебаний температуры поверхности океана и активности тропических циклонов по месяцам с 2002 по 2010 гг.;
- 10) производилось сопоставление активности тропических циклонов и полученных данных о распределениях температуры по-

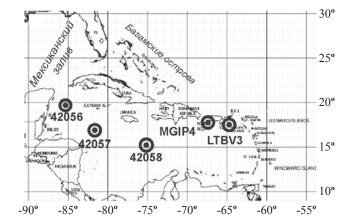


Рис. 4. Схема расположений буев и станций в исследуемом районе (Карибское море)

верхности, и делались необходимые выводы по результатам работы.

В 2005 г. большая часть ураганов высоких категорий зарождалась в Саргассовом море близ Багамских островов, в Карибском море близ побережья Южной Америки. Это позволило выделить район для проведения исследований между 10 и 30° с.ш. и 90 и 55° з.д. Для верификации данных о температуре поверхности океана были использованы данные с буев и стационарных станций (платформ NOAA) в выбранном районе Атлантики (рис. 4).

Каждая станция (платформа) измеряет такие параметры, как направление ветра, скорость ветра, атмосферное давление, температура воздуха и температура океана на глубине 1 м. В настоящей работе использовались

данные с платформ и станций, имеющих обозначения 42056, 42057, 42058, MGIP4, LTBV3, которые располагались в пределах исследуемого района (эти данные получались через Интернет на сайте www.ndbc.noaa.gov).

**Результаты** исследований и их анализ. Средние значения температур поверхности океана, полученные в результате обработки данных космического мониторинга, проведенного в исследуемой зоне тропического циклогенеза, представлены в таблице.

На рис. 5 приведены среднемесячные значения температур в исследуемом районе Северной Атлантики, полученные по космическим данным (аппаратура MODIS) для каждого проанализированного года (отличаются цветами). Анализ данных показывает, что в 2005 г. в исследуемом районе регистрировались максимальные значения температур, которые в июле, августе и сентябре на 0,5–0,7°С превышали соответствующие среднемесячные температуры в другие годы.

На рис. 6 приведено количество тропических циклонов N с категориями от 1 до 5 по месяцам за исследуемый период с 2002 по 2010 гг. Представленные данные показывают, что тропические циклоны наибольшей силы возникали в 2005 г. в июле, августе, сентябре и октябре.

На рис. 7 представлены визуализированные космические данные по пространственным распределениям температур поверхности океана в исследуемом районе с июня по сентябрь 2003—2010 гг. Из рис. 7, 5 и таблицы видно, что кроме 2005 г., более высокие значения температур проявлялись также и в 2010 г. (в июне месяце). В другие месяцы 2010 г. это повышение было несущественным. Категории тропических циклонов, возникших в 2010

г. были ниже, чем в 2005 г., кроме того, траектории крупных ураганов (например, IGOR, TOMAS, EARL), возникших в 2010 г., проходили, в основном, через морские акватории (см. рис. 3), в том числе зоны Мексиканского залива, не затрагивая сушу, поэтому экономический ущерб от сезона активности в 2010 г. был относительно невысоким (см. рис. 2).

Анализ результатов выполненных исследований показал, что за последнее десятилетие максимальная активность тропических циклонов и максимальный ущерб от них в Северо-Атлантической зоне тропического циклогенеза выявлен в 2005 г. В этот же период как по космическим, так и по подспутниковым данным регистрировалась максимальная температура поверхности океана, которая приблизительно на 0,7°С превышала среднемесячные температуры в другие годы.

Заключение. В результате проведения исследований изменчивости температуры поверхности океана в акватории Северной Атлантики с 2002 по 2010 гг. в сезон тропического циклогенеза (с июня по ноябрь), выполненных на основании результатов обработки космических изображений, полученных с помощью аппаратуры MODIS, информации из базы данных «АЭРОКОСМОС», а также подспутниковых данных, полученных с помощью буев, установлено, что в 2005 г., начиная с июня, в исследуемом районе наблюдались наиболее высокие значения температур поверхности океана, которые превышали на 0,5-0,7°C средние значения температур, характерных для того же периода в другие годы. При этом в 2005 г. возникло наибольшее число тропических циклонов высоких категорий, в том числе Katrina, Rita, Stan, Wilma, Alpha, Beta и др., которые нанесли серьезный урон при-

Месяц	Средние значения температуры поверхности океана, °C								
	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
VI	27,58	27,42	27,49	28,18	27,84	27,68	26,90	27,61	28,44
VII	28,22	28,07	28,29	28,81	28,16	28,45	28,25	28,14	28,69
VIII	29,01	28,77	28,89	29,49	28,87	28,92	28,90	28,63	29,41
IX	29,07	29,02	28,88	29,46	29,33	29,11	28,89	29,09	29,14
X	28,76	28,86	28,62	28,66	28,78	28,54	28,40	28,75	28,27
XI	27,87	27,80	27,17	27,44	27,52	27,04	27,18	27,60	27,05

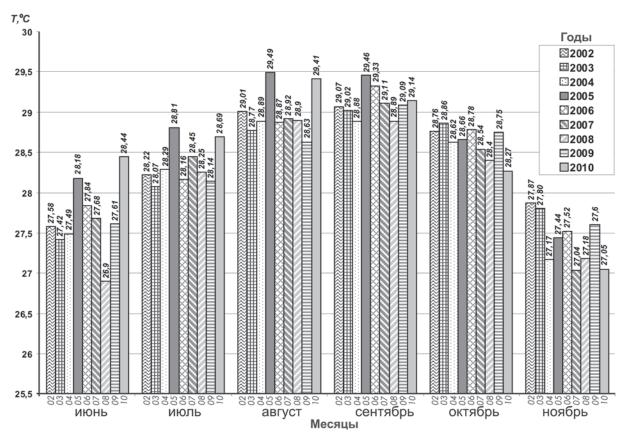


Рис. 5. Значения осредненной по месяцам температуры поверхности океана в Атлантической зоне за 2002–2010г. (цифры вверху показывают среднюю температуру, цифры внизу — год)

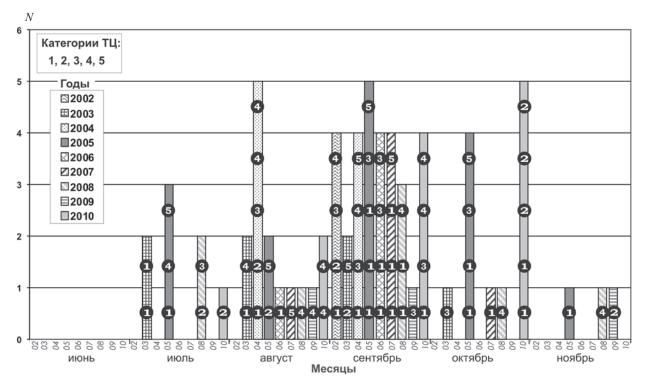


Рис. 6. Крупные тропические циклоны в июле-ноябре 2002-2010гг.

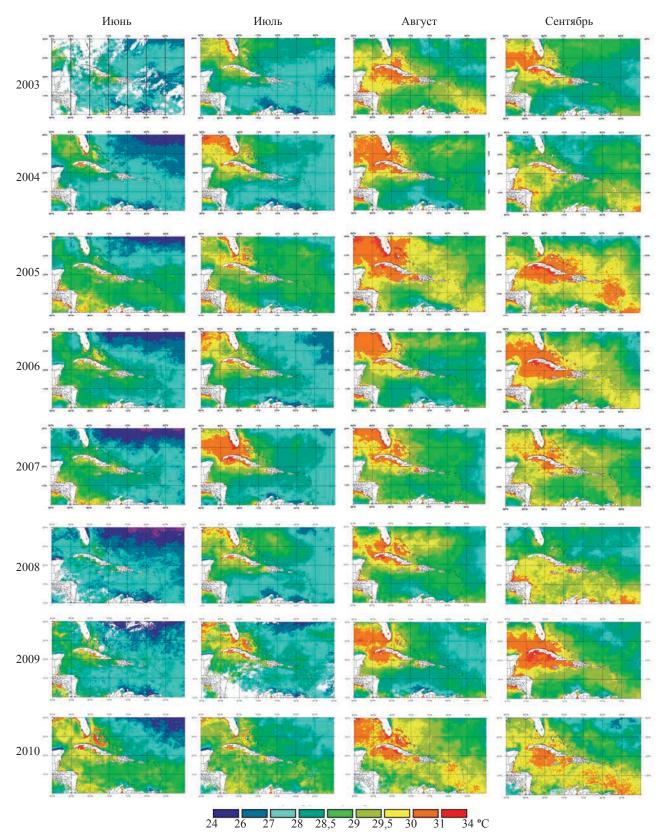


Рис. 7. Карты пространственных распределений температуры поверхности океана в Атлантической зоне тропического циклогенеза

брежным территориям стран, расположенным вдоль Мексиканского залива и Карибского моря, и унесли множество человеческих жизней. Таким образом, выявлена связь повышенных значений температур поверхности океана и аномального числа тропических циклонов высоких категорий в 2005 г., которая подтвердилась и в 2010 г. Полученные результаты продемонстрировали высокую эффективность методов космического мониторинга мезомасштабных вихревых процессов на границе атмосферы и океана. Эти методы могут с успехом использоваться для изучения динамики состояния атмосферы и океана, глобальных изменений климата, а также решения задач, связанных с мониторингом опасных природных процессов и явлений для их предупреждения и снижения негативных последствий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Бондур В.Г., Крапивин В.Ф., Савиных В.П. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. –М.: Научный мир, 2009.-692c.
- 2. *Голицын Г.С.* Динамика природных явлений. М.: Физматлит, 2004. –344 с
- 3. *Gray M*. Tropical cyclone genesis//Atm. Sci. Colo. State Univ. –1975. –N 234. –119 p.
- 4. *Бондур В.Г.* Аэрокосмические методы в современной океанологии // Новые идеи в океанологии. Т.1. Физика. Химия. Биология. М.: Наука, 2004. –С. 55–117.
- 5. *Будыко М.И.* Климат в прошлом и будущем. –Л.: Гидрометеоиздат, 1980. –352 с.
- 6. Hoffman, R. N., Henderson, J. M., Grassotti, C., Leidner, S. M., and Nehrkorn T., J. Atmos. Sci., 2006, V. 63, P. 1924–1937.
- 7. Головко В.А. Глобальное перераспределение составляющих радиационного баланса Земли // Исследование Земли из космоса. -2003.  $-\mathbb{N}_{2}6$ .  $-\mathbb{C}$ . 3-13.
- 8. Лаппо С.С. Климат Земли и океан // Новые идеи в океанологии. Физика. Химия. Биология. Т.1. М.: Наука, 2004. –С. 24.
- 9. Покровский О.М. Объективный анализ полей температуры для поверхности морей России по данным измерений MODIS (Terra) // Исследование Земли из космоса. –2005. –№3. –С. 53–65.
- 10. Бондур В.Г., Пулинец С.А., Узунов Д. Воздействие крупномасштабных атмосферных вихревых процессов на ионосферу на примере урагана Катрина // Исследование Земли из космоса. –2008. –№ 6. –С. 3–11.
- 11. *Гранков А.Г., Мильшин А.А.* Взаимосвязь радиоизлучения системы океан–атмосфера с тепловыми и динамическими процессами на границе раздела. М.: Физматлит. 2004. –166 с.

Поступила 26 июля 2011 г.

# Правила для авторов

В журнале Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка» публикуются статьи, представляющие научный и практический интерес. Статьи, направленные в редакцию, должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1. Статья должна быть представлена в одном экземпляре, изложена в сжатой форме строгим научным языком, тщательно отредактирована, страницы пронумерованы. Рукопись должна начинаться (после названия и сведениях об авторах) с аннотации (10-12 строк) и ключевых слов на русском и английском языках. К рукописи прилагаются выписка из протокола заседания кафедры и рецензия.
- 2. Рукопись подписывается всеми авторами. В конце статьи указывается место работы всех авторов, их должности и контактная информация (E-mail, телефон).
- 3. Рукопись должна быть напечатана на компьютере кеглем 14, на белой бумаге, через 1,5 интервала с полями шириной 2,5 см, без помарок и вставок. Объем статьи до 15 страниц. В рукописи необходимо сделать ссылки на таблицы, рисунки и литературные источники, приведенные в статье. Таблицы должны иметь тематические заголовки, не быть громоздкими, не дублировать текст и рисунки.
- 4. Рисунки должны быть даны в TIFF или EPS. Размер иллюстраций по ширине 174 или 84 мм (промежуточных размеров не давать) высота не более 228 мм, толщина линий 0,75 пункта. Разрешение не менее 300 dpi. Подписи на рисунках должны соответствовать обозначениям в тексте. В тексте, в формулах и на рисунках буквы латинского алфавита должны быть набраны курсивом, русского и греческого прямым шрифтом.
- 5. Список литературы должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы по мере ссылки. Ссылки на работы, находящиеся в печати не допускаются. Библиографическое описание дается в следующем порядке: фамилия и инициалы автора, полное название работы, место издания, название издательства, год издания, количество страниц (для непериодических изданий), для периодических название журнала, год выпуска, том (№), интервал страниц. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер в квадратных скобках.
  - 6. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются (кроме общепринятых сокращений).
- 7. Статья должна быть набрана в Word-2003, записана на электронный носитель или отправлена по электронной почте: redakcia@miigaik.ru
- 8. Статья, не отвечающая перечисленным требованиям, возвращается авторам для доработки. Датой поступления считается день получения окончательного варианта статьи.
  - 9. Дополнения и вставки в корректуре после верстки не допускаются.
  - 10. Редакция журнала оставляет за собой право производить сокращение и редакционные изменения рукописей.
  - 11. Плата с авторов за публикацию статей не взымается.

# Содержание

АСТРОНОМИЯ, ГРАВИМЕТРИЯ И КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОДЕЗИЯ	
Крылов В.И. Негравитационные возмущения в движении комет	3
Сугаипова Л.С. Создание регулярной сетки усредненных значений вторых производных геопотенциала	
по результатам проекта GOCE	5
Огородова Л.В., Конопихин А.А., Надеждина И.Е. Вычисление геодезических координат	
для трехосного отсчетного эллипсоида	9
Фам Хоанг Лонг К оценке точности определения интегральной электронной концентрации в ионосфере	
при измерениях глобальными спутниковыми системами	. 14
ГЕОДЕЗИЯ	
Маркузе Ю.И., Альмунайзел Наим Определение площадей участков местности и сооружений	
в кадастровых работах	.20
Жарницкий В.Я., Андреев Е.В. Особенности влияния неэксплуатационных динамических нагрузок	(
на гидротехнические сооружения	.25
$U$ еховиов $\Gamma$ . $A$ ., $U$ еховиова $P$ . $\Pi$ . Теоретические основы одностороннего координатного способа	. 20
	.30
Павловская О.Г., Хорошилов В.С., Носков М.Ф. Методика выделения однородных оползневых зон	
	.31
КОСМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА, АЭРОФОТОСЪЕМКА И ФОТОГРАММЕТРИЯ	
Пацын В.С., Андреев М.В., Гречищев А.В., Малинников В.А., Оберст Ю. Спектральная неоднородность	2.5
поверхности Фобоса: наблюдения камерой HRSC	.35
Марчуков В.С., Чеман Джамал Ахмад Оценка изменений застроенных территорий и растительного покрова	4 1
Ирака по многозональным космическим снимкам	.41
Зверев А.Т., Гаврилова В.В. Разработка теории и методов оценки и прогноза состояния природных ресурсов	4.4
	.44
<i>Черний А.Н., Михайлов А.П., Ли А.В.</i> Измерительные и дешифровочные качества цифрового	40
рентгеновского снимка	.48
КАРТОГРАФИЯ	
Загребин Г.И. Разработка атласа картографических проекций на крупные регионы Российской Федерации	. 52
Гаврилова В.В., Марчуков В.С. Разработка архитектуры, алгоритмов и принципов функционирования	
системы динамического картографирования состояния природных ресурсов	. 55
ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ	
Престон Н.Е. Особенности пространственного распределения радиационной температуры	
	.63
	.66
Мамин Р.Г., Шилова Л.А. Инновационные методы управления отходами с использованием технологий	.00
дистанционного зондирования	70
Бондур В.Г., Васякин С.А. Космический мониторинг атлантической зоны тропического циклогенеза	
	. / _
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Бахарев Ф.С. Современные структуры баз данных цифровых моделей рельефа	
$\mathit{Kacbянoвa}\ E.Л.,\ \mathit{Kukuh}\ \Pi.M.\ $ Справочно-аналитическая ГИС на территорию социально-экономического региона .	.85
КАДАСТР, ЭКОНОМИКА И РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ	
<i>Быкова Е.Н.</i> Создание 3D-модели спортивно-концертного комплекса на основе лазерного сканирования	89
Киселева А.О., Клюшниченко В.Н. Формирование идентификационного номера объектов	
капитального строительства	.91
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ	
Хорошев М.В., Попов Н.Н., Родимкина Е.Ю. Конструкционные наноматериалы в лазерных угломерных	0.4
геодезических приборах	.94
Попов Н.Н., Филонов А.С., Донцов Г.А., Вурсол А.В., Родимкина Е.Ю., Матвеев Д.С. Конструкционные	101
материалы оптических модулей аппаратов дистанционного зондирования Земли	101
Останин М.В. Зависимость относительной погрешности датчика дальности базового типа	104
от параметров оптической системы	
Соломатин В.А. Оценка точности наземных лазерных сканеров	11(
ХРОНИКА	
В.Б. Дубиновскому — 90 лет!	115

# Contents

	<b>ASTRONOMY</b>	GRAVIMETRY,	AND SPA	CE GEODESY
--	------------------	-------------	---------	------------

Krylov, V. Non-gravitational disturbances in comets' motion	3
Sugaipova, L. Creating regular grid of mean values of the Earth potential second derivatives	
after GOCE project's outcomes	
Ogorodova, L., Konopikhin, A., Nadezhdina, I. Calculating geodetic coordinates on triaxial reference ellipsoid Fam Hoang Long. On the accuracy estimation of determining integral electronic concentration	9
in the ionosphere along the GNSS measurements	14
	17
GEODESY	
Markuze, Yu., Naim, A. Area calculation of land plots and structures in cadaster works	
Zharnitsky, V., Andreev, E. An impact of non-exploitation dynamic workloads on hydraulic structures	25
of high tower-type buildings	30
Pavlovskaya, O., Khoroshilov, V., Noskov, M. Method of identifying homogeneous landslide zones	
with geodetic survey of vertical movements of settling benchmarks	31
SPACE SURVEY, AEROPHOTOGRAPHY, AND PHOTOGRAMMETRY	
Patsyn, V., Andreev, V., Grechishchev, A., Malinnikov, V., Oberst, J. Spectral heterogeneity of the Phobos' surface:	
HRSC observations	35
Marchukov, V., Cheman Djamal Akhmad. Estimating changes in built-up and green areas in Iraq wit the use	
of multi-spectral space imagery	41
Zverev, A., Gavrilova, V. Developing theory ad methods for evaluation and forecasting the state of natural resources with the use of space imagery	44
Chernij, A., Mikhailov, A., Li, A. Measuring and interpreting capacities of a digital radiograph	48
CARTOGRAPHY	
Zagrebin, G. Developing an atlas of map projections for large regions of Russian Federation	52
Gavrilova, V., Marchukov, V. Developing architecture, algorithms and operating principles of a system	
for dynamic mapping of nature resourses' condition	55
REMOTE SENSING, AND LAND MONITORING	
Preston, N. Spatial distribution of radiant temperature of different types of landscape in infrared imagery	63
Milovanova, M. GIS monitoring of Arctic regions	66
Mamin, R., Shilova, L. Innovative methods in waste management with the use of remote sensing	
Bondur, V., Vasyakin, S. Space monitoring of the Atlantic zone of tropical cyclogenesis	73
GEOINFORMATION TECHNOLOGY	
Bakharev, F. Modern structures of digital elevation models' databases	
Kasianova, E. Kikin, P. Reference-analytical GIS for a territory of a socio-economic region	85
CADASTRE, LAND ECONOMICS AND DEVELOPMENT	
Bykova, E. Building 3D model of a sports-concert complex on the basis of laser scanning data	
Kiseleva, A., Kliushnichenko, V. Formation of an identification number of capital construction objects	85
GEODESIC INSTRUMENT MAKING	
Khoroshev, M., Popov, N., Rodimkina, E. Constructive nanomaterials in laser gonimetric geodetic devices	94
Popov, N., Filonov, A., Dontsov, G., Vursol, A., Rodimkina, E., Matveev, D. Structural materials	
for optical modules of earth remote sensing equipment	101
Ostanin, M. Dependence of a base type range sensor relative error on an optical system's parameters	106
Solomatin, V. Ground-based scanners' accuracy estimation	110
CHRONICLE	
V.B. Dubinovsry — 90 years!	115