

*В.Н. Малинин, О.И. Шевчук*

## **ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА В НАЧАЛЕ 21-ГО СТОЛЕТИЯ**

*V.N. Malinin, O.I. Shevchuk*

## **ON CHANGING OF THE GLOBAL CLIMATE IN THE EARLY 21ST CENTURY**

*Обсуждается межгодовая изменчивость глобальных значений приповерхностной температуры воздуха, температуры поверхности океанов, морского уровня и теплосодержания Мирового океана на рубеже XX–XXI вв. Показано, что после 2005 г. наблюдается уменьшение этих характеристик, что свидетельствует о похолодании климата.*

*Ключевые слова: климат, приповерхностная температура воздуха, температура поверхности океанов, уровень Мирового океана, теплосодержание океана.*

*Interannual variability of global estimates of subsurface air temperature, of sea surface temperature, sea level and heat content of the World Ocean at the turn of 20 and 21 centuries is discussed. It is shown that the decrease of these characteristics is being observed after 2005 which gives evidence of the climate cooling.*

*Keywords: climate, subsurface air temperature, sea surface temperature, sea level, ocean heat content.*

Важнейшим параметром глобального климата является, как известно, приповерхностная температура воздуха (ПТВ). Относительно достоверные оценки ее изменений могут быть получены по результатам инструментальных наблюдений, которые ведутся лишь с середины XIX века. Межгодовой ход глобальной ПТВ, систематизированный в Четвертом оценочном отчете МГЭИК [IPCC, 2007] и основанный на глобальных архивах гидрометеорологической информации [Brohan, et al., 2006, Hansen, et al., 2001, Lugina, et al., 2005, Smith, et al., 2005], свидетельствует о постепенном росте ПТВ в XX веке (величина тренда  $Tr=0,6-0,7^{\circ}C$ ). Однако изменения ПТВ на земном шаре происходили неодинаково. Наряду с промежутками времени, когда отмечалось интенсивное повышение температуры, были такие, когда она понижалась. Так, с начала XX в. до 1940 г. отмечался рост ПТВ ( $Tr=0,08^{\circ}C/10$ лет), который особенно ярко проявлялся в высоких широтах северного полушария. Поэтому 20–40-е годы получили название «потепление Арктики». Затем вплоть до середины 70-х годов отмечалось похолодание климата, характеризующееся значимым отрицательным трендом  $Tr = -0.04^{\circ}C/10$ лет. И только после этого произошел резкий рост ПТВ ( $Tr=0.18^{\circ}C/10$ лет). Последнее десятилетие XX в. стало самым теплым за столетие.

В начале XXI в. рост ПТВ продолжался (рис. 1). В 2005 г. отмечалась самая высокая аномалия глобальной температуры воздуха ( $\Delta PTV = \Delta T_{гп} = 0.48^{\circ}C$  относительно периода 1960–1990 гг.). Затем началось довольно быстрое ее сниже-

ние и уже в 2008 г. она уменьшилась до  $\Delta T_{\text{гл}} = 0.32^\circ\text{C}$ . Отметим полностью согласованный с ПТВ ход температуры поверхности Мирового океана. Таким образом, главный вопрос состоит в том, является ли уменьшение ПТВ временным или потепление климата закончилось и начался новый период его похолодания.

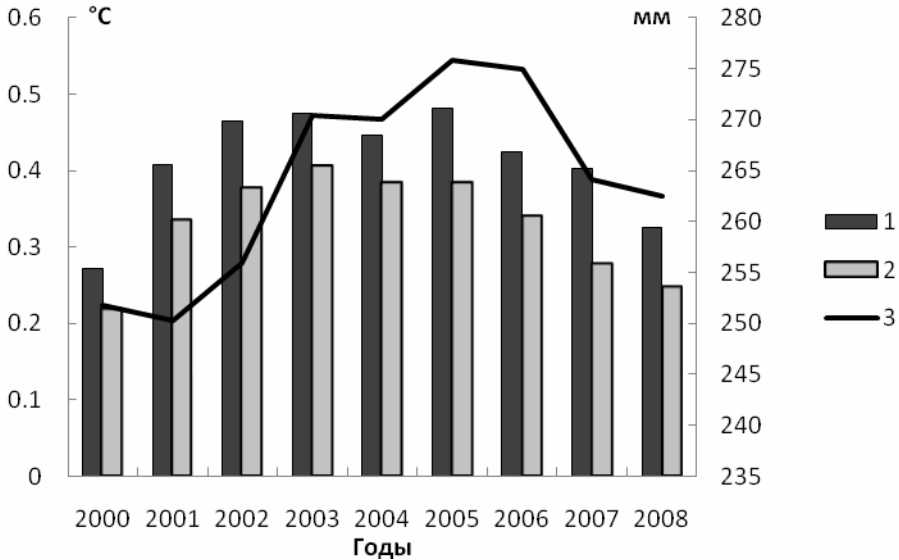


Рис. 1. Временной ход в XXI в. аномалий глобальных значений приповерхностной температуры воздуха (1) [HADCRUT3] и температуры поверхности океана (2) [HADSST2] и уровня Мирового океана (3)

Другой важнейшей характеристикой глобального климата являются колебания уровня Мирового океана (УМО). При этом именно изменения приповерхностной температуры воздуха формируют режим накопления (расходования) массы горных ледников, морских льдов, в значительной степени покровных ледников и, следовательно, определяют поступление пресных вод ледников в океан. Кроме того, ПТВ влияет на изменчивость испарения и осадков над океаном [Малинин, 2009, Малинин, Шевчук, 2008], а через изменения температуры поверхности океана вызывают стерические колебания уровня. Таким образом, ПТВ можно рассматривать как главный определяющий фактор колебаний УМО.

В связи с этим рассмотрим особенности статистической связи ПТВ и УМО. Временной ряд среднегодовых значений  $\Delta T_{\text{гл}}$  заимствован из архива за 1900–2008 гг., а временные ряды УМО, определенные по данным береговых станций архива PSMSL, заимствованы из работ [Малинин и др., 2007, Church, White, 2006, Jevrejeva, et. al., 2006]. За указанный период лет для всех 3 рядов УМО была рассчитана скользящая по 30-летиям корреляция с  $\Delta T_{\text{гл}}$ , результаты которой приводятся на рис. 2. Нетрудно видеть, что для рассматриваемых рядов УМО связь практически идентична, при этом макси-

мальная корреляция ( $r > 0.80$ ) отмечается для периодов максимального роста ПТВ, в то время как для периода похолодания глобального климата статистическая связь между  $\Delta T_{\text{гл}}$  и УМО практически незначима. Это связано тем, что в отличие от  $\Delta T_{\text{гл}}$  почти непрерывный рост УМО продолжался в течение всего столетия. Причина этого состоит в том, что ПТВ влияет на колебания УМО не только при синхронном взаимодействии океана и атмосферы, но и при запаздывании УМО относительно ПТВ в 20 и 30 лет. Именно для этих сдвигов получены адекватные по критерию Фишера статистические модели УМО от аномалий ПТВ в северном и южном полушариях [Малинин, 2006].

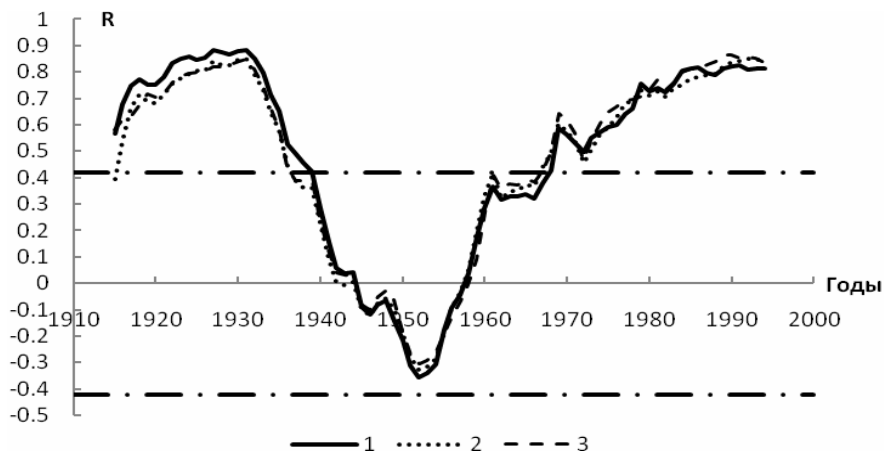


Рис. 2. Временной ход скользящей по 30-летиям корреляции аномалий глобальной ( $\Delta T_{\text{гл}}$ ) и уровня Мирового океана (УМО) по данным [Малинин и др., 2007] (1), [Church, White, 2006] (2), [Jevrejeva, et. al., 2006] (3) за период 1900–2008 гг. Горизонтальные линии – доверительный 99 % интервал

Подобное запаздывание колебаний УМО может быть вызвано «медленными» изменениями эвстатической и стерической компонент. Медленные изменения эвстатической компоненты – это изменения массы ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии, поскольку временной цикл от момента выпадения осадков на ледниковые щиты до откалывания айсбергов может составлять от нескольких десятилетий до нескольких столетий. Медленные изменения стерической компоненты обусловлены изменением температуры воды в толще вод океана до нижней границы главного термоклина. Данный процесс из-за малых вертикальных скоростей происходит от нескольких лет до нескольких десятилетий. Поэтому даже при похолодании климата становится возможным повышение УМО. Именно это и происходило в середине XX в.

Рассчитанный нами временной ход УМО в XXI в. хорошо согласуется с ПТВ (рис.1). Максимальное значение УМО отмечается в 2005 г., после чего он начал уменьшаться. Причиной этого являются, очевидно, «быстрые» изменения эвстатической и стерической компонент. К эвстатической компоненте в данном

случае относятся, прежде всего, испарение и осадки, а к стерической – внешний тепловой баланс океана, представляющим собой результирующий вертикальный поток тепла, который определяет колебания теплосодержания деятельного слоя океана. Естественно, при понижении ПТВ теплосодержание деятельного слоя океана также уменьшается. Кроме того, возможное влияние на колебания УМО может оказать и теплосодержание глубинных слоев океана.

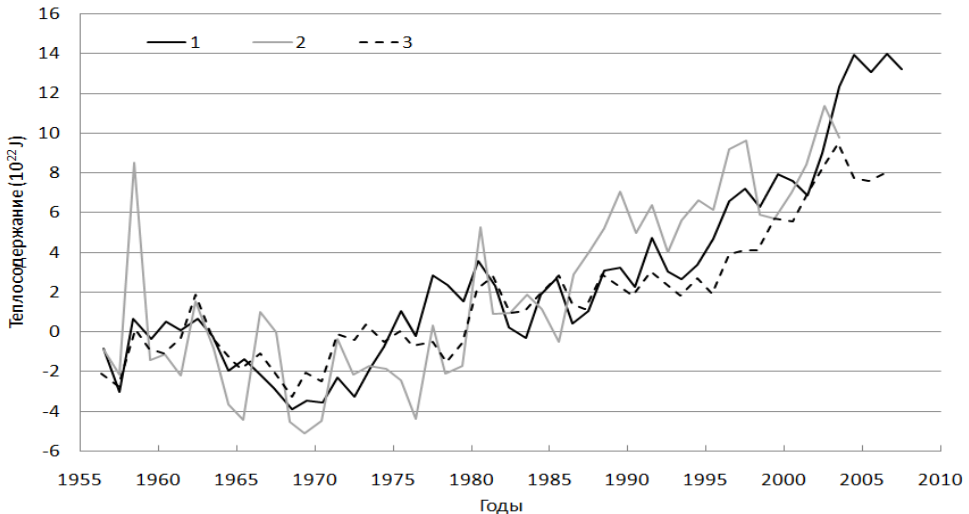


Рис. 3. Межгодовой ход глобального теплосодержания океана в слое 0–700 м, рассчитанный в работах [16] (1), [14] (2) и [15] (3)

В работах [Domingues, et. al., 2008, Ishii, Kimoto, 2009, Levitus, et. al., 2009] рассмотрен межгодовой ход глобального теплосодержания океана в слое 0–700 м с 1955 г. (рис. 3). Нетрудно видеть, что до последнего времени все три кривые имеют согласованный характер, однако начиная с 2003–2004 гг. эта согласованность резко нарушается. Так, данные [Domingues, et. al., 2008] показывают, что максимум теплосодержания приходится на 2003 г., а данные [Ishii, Kimoto, 2009] – на 2004 г., после чего оно довольно резко уменьшается. И только результаты [Levitus, et. al., 2009] свидетельствуют о росте теплосодержания вплоть до 2005 г., после которого его рост прекратился. Итак, из результатов последних экспериментальных работ следует, что с середины первого десятилетия XXI века теплосодержание стало уменьшаться или, по крайней мере, перестало расти, что в целом согласуется с результатами наших расчетов. Возможно, в ближайшие годы станет ясно, носит ли охлаждение океана временный характер или это долговременная тенденция.

Работа выполнена в рамках мероприятия 1.1 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственный контракт № 14.740.11.0201 от 15 сентября 2010 г.) по направлению «Океанология».

**Литература**

1. *Малинин В.Н.* О современных изменениях климата и уровня Мирового океана. *Вопр. промысловой океанологии*, Вып.3. М., Изд. ВНИРО, 2006, 145–159.
2. *Малинин В.Н.* Изменчивость глобального водообмена в условиях меняющегося климата. *Водные ресурсы*, 2009, т. 36, №1, с.1–14.
3. *Малинин В.Н., Гордеева С.М., Шевчук О.И.* Изменчивость уровня Мирового океана за последние 140 лет. *Ученые записки РГГМУ*, 2007. Вып. 4. С. 125–132.
4. *Малинин В.Н., Шевчук О.И.* Эвстатические колебания уровня Мирового океана в современных климатических условиях. *Изв. РГО*, 2008, Т.140, Вып.4, с.20–30.
5. *Brohan, P., et al.*, 2006: Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new dataset from 1850. *J. Geophys. Res.*, 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.
6. *Church J.A. and White N.J.* A 20th century acceleration in global sea-level rise // *Geophysical Res. Letters*. 2006, V. 33, L01602, doi:10.1029/2005GL024826.
7. *Domingues, C. M., J.A. Church, N.J. White, P.J. Gleckler, S.E. Wijffels, P. M. Barker, J.R. Dunn.* Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise // *Nature*. 2008. 453. Pp.1090– 1095.
8. *Hansen, J., et al.*, 2001: A closer look at United States and global surface temperature change. *J. Geophys. Res.*, 106, 23947–23963.
9. *HADCRUT3 Global/Temperature data (HadCRUT3 and CRUTEM3)/* Data available from CRU/Climatic Research Unit. URL:<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/hadcrut3gl.txt>
10. *HADSST2 Global/Temperature data (HadCRUT3 and CRUTEM3)/* Data available from CRU/Climatic Research Unit. URL: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/hadsst2gl.txt>
11. IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007. [Bernstein L., et al.(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 940 pp.
12. *Ishii, M., and M. Kimoto.* Reevaluation of historical ocean heat content variations with time-varying XBT and MBT depth bias corrections// *J. Oceanogr.* 2009 (in press).
13. *Jevrejeva S., Grinsted A., Moore J.C., Holgate S.* Nonlinear trends and multiyear cycles in sea level records // *J. Geophys. Res.* 2006, V. 111. C09012, doi:10.1029/2005JC003229.
14. *Levitus S., J. I. Antonov, T. P. Boyer, R. A. Locarnini, H. E. Garcia, A. V. Mishonov.* Global ocean heat content 1955–2008 in light of recently revealed instrumentation problems // *Geophys. res. lett.* 2009. Vol. 36. L07608, doi:10.1029/2008GL037155.
15. *Lugina, K.M., et al.*, 2005: Monthly surface air temperature time series area-averaged over the 30-degree latitudinal belts of the globe, 1881–2004. In: *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, Oak Ridge, TN, <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/temp/lugina/lugina.html>.
16. *Smith, T.M., and R.W. Reynolds*, 2005: A global merged land and sea surface temperature reconstruction based on historical observations (1880–1997). *J. Clim.*, 18, 2021–2036.

Работа выполнена в рамках мероприятий 1.2.1. и 1.3.1 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственные контракты № П726 и П1223) по направлению «Океанология».