

Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова

Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу  
окружающей среды России

Русское географическое общество

## **Состояние арктических морей и территорий в условиях изменения климата**

*Сборник тезисов Всероссийской конференции  
с международным участием*

Архангельск



ИД САФУ

2014

УДК [502/504:551.583](985)(045)  
ББК [26:26.237](21)я43  
С66

*Составитель:* С.В. Рябченко

**Состояние арктических морей** и территорий в условиях изменения климата: сб. тезисов Всероссийской конференции с международным участием / сост. С.В. Рябченко; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: ИД САФУ, 2014. – 199 с.

ISBN 978-5-261-00975-7

Сборник содержит материалы конференции, посвященные проблемам состояния арктических морей и территорий в условиях изменения климата, современного состояния климата в арктических регионах, системам наблюдений в морской Арктике, оценке состояния экосистем и ландшафтов арктических морей, исследования и освоения углеводородных ресурсов шельфа арктических морей, проблемам образования по вопросам глобального изменения климата, обеспечению экологической и радиационной безопасности Арктики с учетом последствий осуществления предыдущей хозяйственной деятельности и реализации оборонных программ в регионе, опыту энергоменеджмента северных стран в условиях изменения климата, влияния климатических изменений на отрасли экономики в арктическом регионе и адаптации коренных и малочисленных народов Севера к изменениям в Арктике.

Издание адресуется специалистам технических, естественнонаучных и гуманитарных научных направлений, а также всем, кто интересуется проблемами комплексного освоения Российской Арктики.

УДК [502/504:551.583](985)(045)  
ББК [26:26.237](21)я43

Организация и проведение конференции поддержаны РФФИ  
(проект № 14-05-20237)

ISBN 978-5-261-00975-7

© Северный (Арктический)  
федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова, 2014

## ЭФФЕКТ УСИЛЕНИЯ МЕЖШИРОТНОГО ТЕПЛООБМЕНА И ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДИ МОРСКИХ ЛЬДОВ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ

Федоров В.М.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

[fedorov.msu@mail.ru](mailto:fedorov.msu@mail.ru)

По данным астрономических эфемерид (<http://ssd.jpl.nasa.gov>) рассчитывались значения приходящей солнечной радиации (в отсутствии атмосферы) за тропические годы в широтные зоны (протяженностью в  $5^\circ$ ) земного эллипсоида в интервале от 1850 до 2050 гг. Точность эфемерид по расстоянию между Землей и Солнцем составляет  $10^{-9}$  а.е. по времени 1 с. Поверхность Земли аппроксимировалась эллипсоидом (GRS80), с длинами полуосей, равными 6378137 м (большие) и 6356752 м (малая). Расчеты производились с использованием ряда формул, среди которых основным было выражение:

$$I_{nm}(\varphi_1, \varphi_2) = \int_{t_1}^{t_2} \left( \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sigma(H, \varphi) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \Lambda(H, t, \varphi, \alpha) d\alpha \right) d\varphi \right) dt,$$

где  $I$  – приходящая солнечная радиация за элементарный  $n$ -й фрагмент  $m$ -го тропического года (Дж);  $\sigma$  – площадной множитель ( $\text{м}^2$ ), с помощью которого вычисляется площадной дифференциал  $\sigma(H, \varphi) d\alpha d\varphi$  – площадь бесконечно малой прямоугольной ячейки эллипсоида;  $\alpha$  – часовой угол,  $\varphi$  – географическая широта, выраженные в радианах;  $H$  – высота поверхности эллипсоида относительно поверхности Земли (м);  $\Lambda(H, \varphi, t, \alpha)$  – инсоляция в заданный момент в заданном месте поверхности эллипсоида ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ),  $t$  – время (с). Шаги при интегрировании составляли: по долготе  $1^\circ$ , по широте  $1^\circ$ , по времени  $1/360$  часть продолжительности тропического года (Fedorov, 2012, 2013). Рассчитанные значения представлены в виде базы радиационных данных (<http://www.solar-climate.com>).

Оказалось, что на фоне общего сокращения приходящей радиации к Земле за тропический год в экваториальной области ее поступление увеличивается, а в полярных областях сокращается. Таким образом, происходит усиление механизма перераспределения приходящей солнечной радиации от областей источников тепла к областям стока. Проведен сравнительный анализ значений разности радиации, поступающей на верхнюю границу атмосферы в экваториальную и полярную область Северного полушария и значений аномалии приповерхностной температуры воздуха и поверхностного слоя океана (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature>). В результате обнаружен эффект усиления межширотного теплообмена связанный с изменением наклона оси вращения Земли в результате прецессии и нутации. С эффектом усиления механизма межширотного теплообмена связаны вековые тенденции увеличения аномалий приповерхностной температуры и поверхностного слоя Мирового океана Земли в современную эпоху.

Анализ изменения площади морских льдов Северного полушария (Walsh, Chapman, 2001; <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs>) в связи с приходящей солнечной радиацией выявил тесную связь между ними. На основе уравнения регрессии (линейной и полинома второй степени) рассчитаны количественные показатели площади морских льдов в Северном полушарии в интервале с 2014 по 2050 гг. (рис. 1).

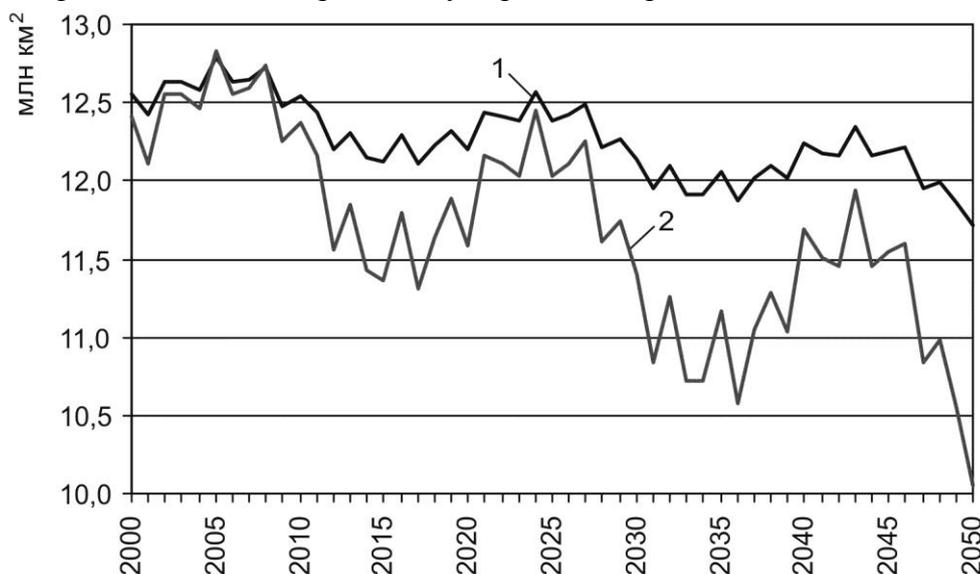


Рис. 1. Распределение рассчитанных (1 – по линейному уравнению регрессии, 2 – по полиному 2-й степени) значений среднегодовой площади морских льдов

При квадратичной связи в среднем за год (на интервале с 2014 по 2050 гг.) среднегодовая площадь льда сокращается на 0,038 млн. км<sup>2</sup>, минимальная площадь (летнее полугодие) на 0,059 млн. км<sup>2</sup>, а сезонная амплитуда увеличивается на 0,053 млн. км<sup>2</sup>. По полученным данным к 2050 году среднегодовая площадь морских льдов в Северном полушарии сократится приблизительно на 12,0%, минимальная – на 29,3%, а сезонная разность увеличится на 23,6%. При линейной форме среднегодовое значение морских льдов составит 11,715 млн. км<sup>2</sup>, минимальная площадь – 7,198 млн. км<sup>2</sup>, сезонная амплитуда – 8,050 млн. км<sup>2</sup>. При таком сценарии к 2050 году среднегодовая площадь морских льдов в Северном полушарии сократится приблизительно на 3,6,0%, минимальная – на 11,3%, а сезонная амплитуда увеличится на 11,7%.

Список литература:

1. Fedorov V.M. Interannual Variability of the Solar Constant // Solar System Research, 2012. – V. 46. – №. 2. – P. 170 – 176.
2. Fedorov V.M. Interannual Variations in the Duration of the Tropical Year // Doklady Earth Sciences, 2013. – V. 451. – Part 1. – P. 750 – 753.
3. Walsh J.T., Chapman W.L. 20<sup>th</sup>-century sea-ice variations from observational data // Annals of Glaciology, 2001. – V.33. – P. 444 – 448.