

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПАДАЮЩЕЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ШИРОТАХ ЧЕРНОГО МОРЯ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА

М.В.Бабий

Морской гидрофизический институт
НАН Украины

99011 г.Севастополь, ул.Капитанская, 2
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

Рассматриваются особенности распределения суточных количеств солнечной радиации, падающей на верхнюю границу атмосферы, а также абсолютный и относительный прирост этих количеств за сутки на широтах Черного моря в течение года.

Солнечная радиация Q , падающая на верхнюю границу атмосферы Земли, - один из основных факторов, формирующих поле поверхностной температуры Черного моря (ТПМ). Процессы рассеяния, отражения, поглощения радиации отслеживают изменения Q . Поэтому для исследования ТПМ важно знать как внутригодовые, так и межгодовые изменения Q по широте φ .

Величина Q зависит от высоты h Солнца над горизонтом и расстояния ρ Земли до Солнца. В свою очередь ρ зависит от эксцентриситета земной орбиты e и положения точки весеннего равноденствия на орбите v , а высота h - от наклона земной оси ε , часового угла τ и φ . Обычно величину Q , рассчитываемую по приближенной формуле, приписывают всей параллели широты φ [1]. Эта формула имеет вид:

$$Q = \frac{86.4 \cdot S}{\pi \cdot (1 - e^2)^2} \cdot (1 + e \cdot \cos(v + \lambda))^2 \cdot \left(\sin \varphi \cdot \sin \varepsilon \cdot \sin \lambda \cdot \tau - \sqrt{\cos^2 \varphi - (\sin \varepsilon \cdot \sin \lambda)^2} \right) \quad (1)$$

где $\tau = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta)$, $\sin \delta = \sin \varepsilon \cdot \sin \lambda$; S -солнечная постоянная; $e=0.0167086342$; $v=77.06265192^\circ$; $\varepsilon = 23^\circ 26' 21.448''$ (эпоха 2000 г.) [2]; λ - ряд из 365-ти значений солнечной долготы, соответствующих каждому дню года. Величина λ является координатой Солнца на эклиптике и легко рассчитывается по формуле, приведенной в [3]. Использование неравномерного ряда λ вместо равномерной шкалы времени t обусловлено привязкой шкалы λ к дню весеннего равноденствия ($\lambda=0$), что позволяет учитывать неравномерность движения Земли по орбите и избежать введения високосных лет.

На рис.1а приведены изолинии продолжительности T светового дня в часах. По оси ординат отложена широта φ , по оси абсцисс - время t в днях с 1 января до конца года. Буквы по оси абсцисс определяют положение первого дня каж-

дого месяца. Изолинии $T=12$ час приходятся на дни равноденствий. В областях зимнего и летнего солнцестояний ярко выражен широтный ход T так, что на северном побережье Черного моря летом T на ~ 1 час больше ее величины на южном побережье, а зимой - на ~ 1 час меньше.

Рис.1б представляет изолинии суточных количеств падающей солнечной радиации Q , для которых характерен широтный ход в ноябре-январе, когда Q на севере Черного моря на ~ 5 МДж/м² меньше, чем на юге. Однако, летом широтный ход Q невелик, а в дни летнего солнцестояния прорисовывается широкий максимум $Q(\varphi)$ (изолиния $Q=42$ МДж/м²). Локальный максимум распределения Q по земному шару в это время приходится на широту $\varphi \approx 44.5^\circ \text{N}$. Другими словами вся акватория Черного моря в дни около летнего солнцестояния освещается Солнцем практически одинаково. Действительно в среднем температура поверхности Черного моря в это время практически одинакова по всему морю [4].

Для решения некоторых гидрофизических задач, например, расчета температурного режима вод Черного моря необходимо знать ежесуточные приращения: абсолютные ΔQ (рис.1в) и относительные $\Delta Q/Q$ (рис.1г).

На рис.1в показано, что наибольшие по абсолютной величине ΔQ приходятся на период с конца февраля до начала апреля и составляют 0.28 МДж/м². На этот же период приходится заметный широтный ход ΔQ - от 0.28 МДж/м² на севере Черного моря до 0.25 МДж/м² на его южном побережье. Другими словами весной ежесуточное приращение радиации на севере на ~ 30 кДж/м² больше, чем на юге. Возможно, это одна из причин более быстрого прогревания северо-западной части Черного моря весной. В сентябре-октябре также наблюдается широтный ход ΔQ от -0.27 до -0.24 МДж/м². Таким образом осенью ежесуточное уменьшение солнечной радиации на севере Черного моря на ~ 30 кДж/м² больше, чем на юге, что вероятно способствует более быстрому выхолаживанию. Летом и зимой ΔQ практически не зависит от широты.

Изолинии $\Delta Q/Q$ (рис.1г) по сравнению с изолиниями ΔQ (рис.1в) выглядят несколько иначе: области с широтным ходом изолиний смещены в сторону меньших значений Q , т.е. на февраль, где $\Delta Q > 0$, и ноябрь, где $\Delta Q < 0$. В этом случае по сравнению с изолиниями ΔQ (рис.1в) область с относительно небольшим широтным градиентом $\Delta Q/Q$ расширяется летом (апрель - сентябрь) и суживается зимой (декабрь-февраль). По величине $|\Delta Q/Q|$ не превышает 1.5%

Для того, чтобы оценить, насколько изменилось распределение падающей солнечной радиации за сто лет, были рассчитаны величины Q по формуле (1) и параметрам e , v , ε из ежегодника [2] для 1900 и 2000 гг. Их абсолютные ΔQ и

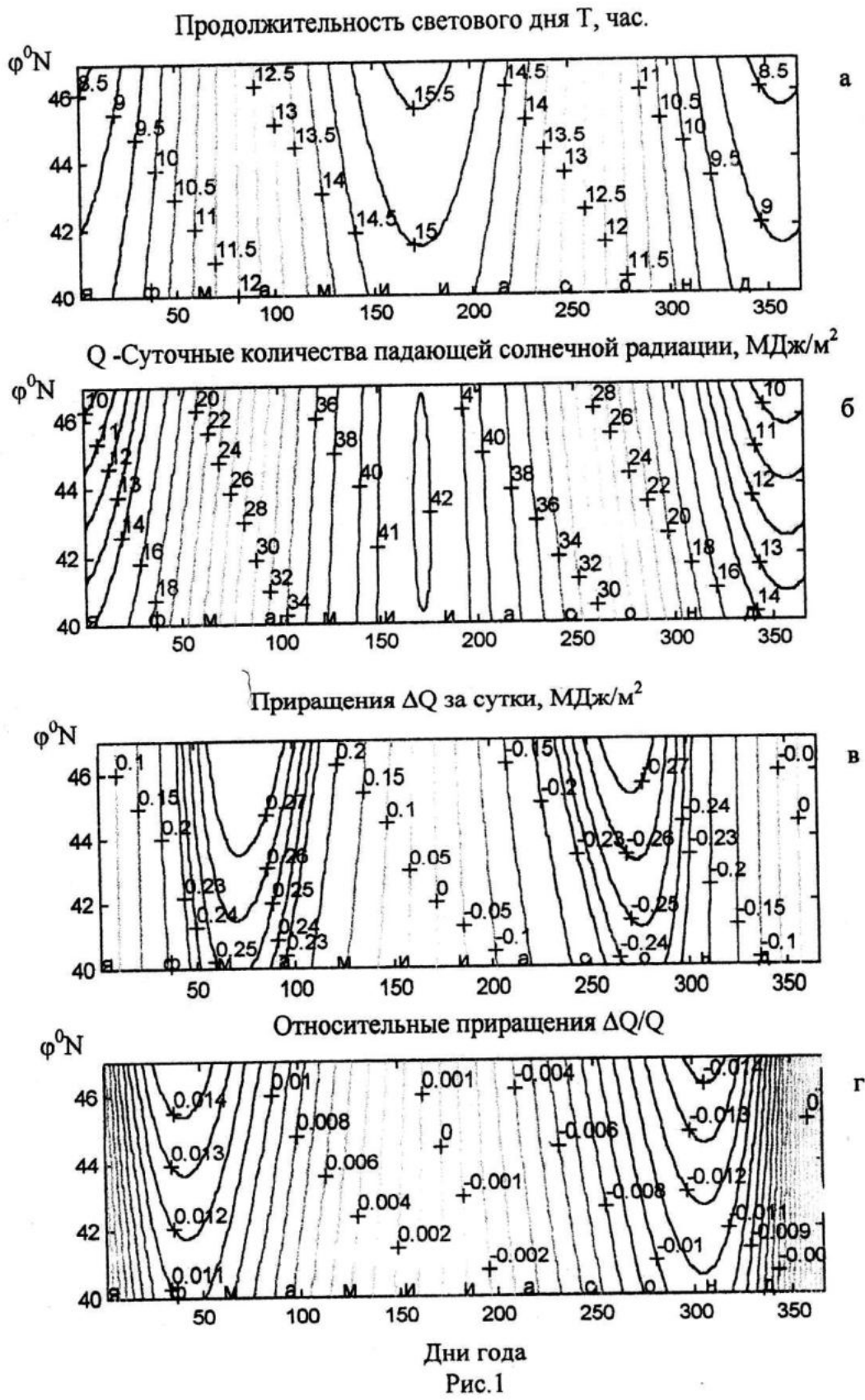


Рис. 1

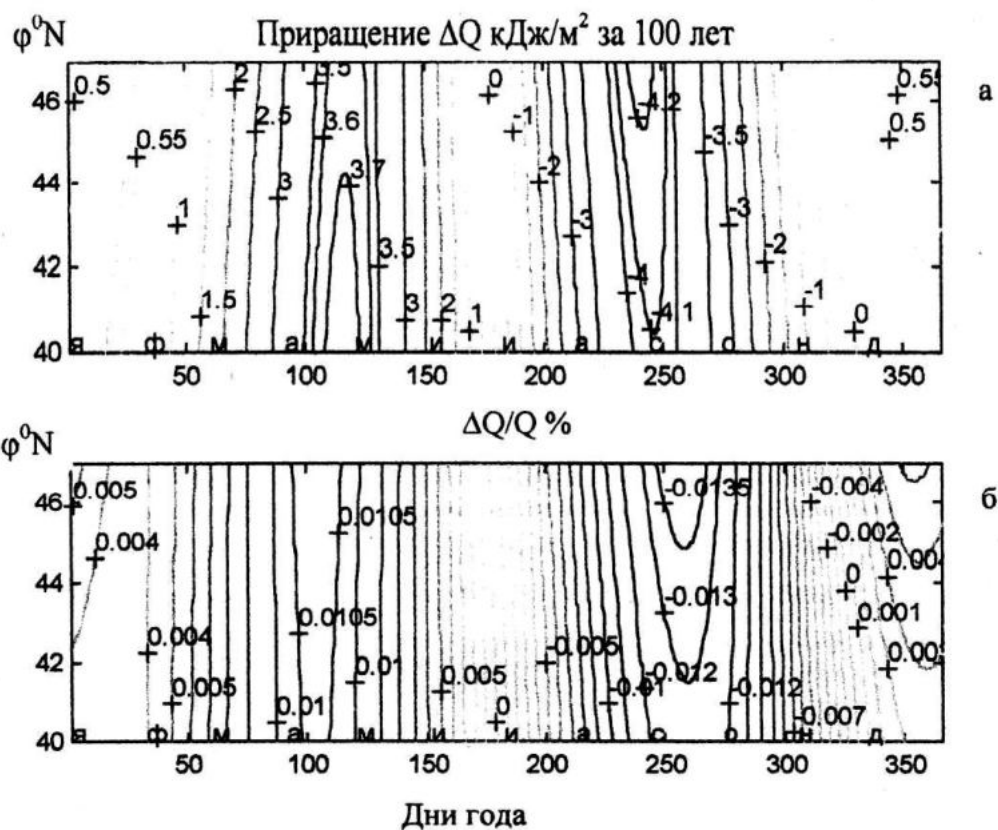


Рис.2

относительные $\Delta Q/Q$ разности для диапазона широт Черного моря приведены на рис.2а,б соответственно. Как видно из рис.2а, в апреле 2000 г. за сутки Черное море получало на ~ 3.5 кДж/м² больше, чем в апреле 1900 г, а в начале сентября 2000 г. на ~ 4 кДж/м² меньше, чем в тот же период 1900 г. В относительных единицах (рис.2б) это составляет 0.0105% и -0.013% от величин Q для 2000 г.

Таким образом, полученные оценки суточных количеств падающей солнечной радиации и их ежесуточных приращений в диапазоне широт Черного моря могут частично объяснить особенности поля поверхностной температуры [4], построенного по спутниковым данным измерений 1991-1998 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.;Л.:ГОНТИ, 1939, 208 с.
2. Астрономический ежегодник на 2000 г. С.Пб. 1998, 720 с.
3. Бабий М.В. Вековые тренды последнего столетия годовых количеств солнечной радиации на разных широтах земного шара./Доклады АН, 2001, т.376, №6, с.807-809.
4. Бабий М.В., Букатов А.Е., Станичный С.В. Аппроксимационная модель поля поверхностной температуры Черного моря по спутниковым данным 1991-1998 гг. -(Настоящий сборник).