

УДК 551.46.09

ОБ ОЦЕНКЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОТОКА ТЕПЛА ОТ МОРЯ В АТМОСФЕРУ

Е. Г. Андреев, А. Ю. Пыркин

(кафедра физики моря и вод суши)

Идея предлагаемой методики для оценки потока тепла на испарение заключается в следующем. Суммарный тепловой поток от моря в атмосферу включает в себя потоки тепла на испарение, эффективное излучение и контактную теплопередачу. По данным работы [1] и наших регистраций для открытого моря поток тепла на контактную теплопередачу примерно на порядок меньше потока тепла на испарение. Следовательно, если осуществить синхронные регистрации суммарного теплового потока и потока эффективного излучения, то поток тепла на испарение можно оценить как разность между этими потоками. Точность такой оценки будет определяться точностью регистрирующей аппаратуры и величиной контактного потока тепла.

Для регистрации суммарного теплового потока используется градиентный метод, основанный на определении вертикального градиента температуры вблизи поверхности из профиля температуры в поверхностной пленке. Оценка суммарной плотности потока тепла q_z ведется по формуле $q_z = \lambda \text{grad } \Theta_z|_{z \rightarrow 0}$. Здесь λ — коэффициент молекулярной теплопроводности воды при соответствующей температуре Θ [2], z — глубина. Для зондирования используется медно-константановая термопара. Время тепловой инерции термопары не превышает 1,5 мс. Зондирование проводится по команде с борта судна с постоянной скоростью 20 см/с. Зонд при этом проходит 30-сантиметровый слой воздуха над поверхностью моря, далее переходит в воду и достигает глубины 30 см. Более подробно методика и аппаратура для оценки суммарного потока тепла приведены в работе [3]. В качестве предварительного усилителя сигнала термопары использовалась микросхема типа 1УТ-401А, в отличие от описанной в [3]. Регистратором служил запоминающий осциллограф типа С8-9А, который позволял вести контроль за регистрацией профиля температуры в холодной поверхностной пленке моря и в случае необходимости проводить повторные регистрации. Относительная погрешность величины суммарного потока тепла от моря в атмосферу, определенной с помощью созданной аппаратуры, не превышала 15%.

Для регистрации длинноволнового эффективного излучения использовались два однотипных инфракрасных радиометра, один из которых ориентировался на поверхность моря, другой — в атмосферу. Плотность потока излучения поверхности моря $q_{\text{эфф}}$ оценивалась по формуле

$$q_{\text{эфф}} = \delta \sigma (T_1^4 - T_2^4),$$

где T_1 — температура поверхности моря, T_2 — эффективная температура противозлучения атмосферы в кельвинах.

Чувствительным элементом каждого из радиометров служил пироэлектрический приемник электромагнитного излучения с пороговой чувствительностью $3 \cdot 10^{-10}$ Вт/Гц $^{-1/2}$. Оптическая система радиометров выполнена из монокристаллического германия, просветленного в спектральном интервале 8—12 мкм. Сигнал регистрировался потенциометром ЭПП-09. Более подробно принцип работы радиационной аппара-

туры описан в работе [4]. Чувствительность разработанных радиометров составила 5 мВ/град, постоянная времени ограничивалась регистрирующей аппаратурой и не превышала 1 с. Относительная погрешность определения потока эффективного длинноволнового излучения равна 5%.

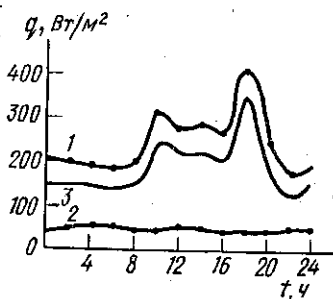
Синхронные регистрации суммарного теплового потока и потока эффективного длинноволнового излучения были проведены в августе—сентябре 1977—1979 гг. в открытой части моря с борта научно-исследовательского судна. При проведении наблюдений судно находилось в дрейфе. Измерительная аппаратура располагалась с наветренной стороны на расстоянии 50—60 см от борта на легком буге. Аэродинамическим и тепловым влиянием корпуса судна на формирование тепловых потоков с поверхности моря на таком расстоянии можно было пренебречь. Связь с бортом судна осуществлялась с помощью морского кабеля.

Всего было получено более 300 синхронных регистраций суммарного потока тепла и потока эффективного излучения. После обработки из всей совокупности многосуточного экспериментального материала были отобраны данные, полученные при сравнительно сходных метеорологических условиях: малая облачность и скорость ветра до 6—8 м/с. Представленный материал получен на трехсуточной станции и подобен материалам других станций, проведенных в аналогичных условиях.

Кривые суточного хода потоков тепла от моря в атмосферу показаны на рисунке. Осреднение проводилось по трем значениям величин потоков, полученным в начале каждого часа суток. Кривые 1, 2 и 3 представляют собой суточный ход плотности суммарного потока тепла от моря в атмосферу, плотности потока эффективного излучения поверхности моря и плотность потока тепла на испарение соответственно. Среднесуточная величина суммарного теплового потока по данным этих регистраций составляет 260 Вт/м². В вечерние, ночные и утренние часы средняя величина суммарного теплового потока меньше, чем в дневные часы. Так, в период с 0 до 8 часов и с 21 до 0 часов среднее значение суммарного теплового потока равно 180 Вт/м², в оставшуюся часть суток — 300 Вт/м². Отдельные резкие увеличения значений плотности суммарного потока тепла (например, в 18 часов) вызваны усилением ветра.

Результаты синхронных регистраций потока эффективного излучения поверхности моря свидетельствуют о незначительном изменении этого потока в суточном цикле (при малооблачной погоде амплитуда его колебаний не превышает 5%). Среднесуточное значение потока эффективного излучения равно 45 Вт/м².

На базе синхронных регистраций суммарного теплового потока и потока эффективного излучения проведен анализ изменения в суточном цикле потока тепла на испарение. Дополнительно записывалась разность температур воды и воздуха на различных горизонтах. Датчики располагались на том же буге, что и аппаратура для регистрации потоков тепла. При этом величина контактного потока тепла при разности температур воды и воздуха не больше 1°С не превышала ошибку измерения суммарного потока тепла. Это дало возможность исключить из рассмотрения контактную теплопередачу. Суточный ход



потока тепла на испарение изображен на кривой 3 рисунка; средне-суточная величина его составила 220 Вт/м², т. е. 80% от суммарного теплового потока. Таким образом, суточный ход потока тепла на испарение практически совпадает с суточным ходом суммарного потока тепла от моря в атмосферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Дитрих Г. (с участием К. Калле). Общая океанография. М.: ИЛ, 1962.
[2] Хунджуа Г. Г., Гусев А. М. и др. Изв. АН СССР. Сер. ФАО, 1977, 13, № 7, с. 753. [3] Андреев Е. Г., Гуров В. В., Хунджуа Г. Г. В кн.: Теплообмен V, т. 10. Киев, 1976. [4] Скорохватов Н. А. В кн.: Сборник трудов НИИ Гидрометеоприбор, 1977, № 69.

Поступила в редакцию
13.04.81

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1982, т. 23, № 3

УДК 536.750.53:519.25

О ЧЕТВЕРТЫХ МОМЕНТАХ ФЛУКТУАЦИЙ В НЕКОТОРЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РАДИОФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А. В. Толстойяненко

(кафедра общей физики и волновых процессов)

Обычно при расчете флуктуаций в распределенных системах предполагают их гауссовыми [1, 2]. Между тем нелинейность системы обуславливает негауссов характер флуктуаций и приводит к ненулевым значениям высших кумулянтов. Ограничиваясь случаем локально изотропных сред, в которых третьи кумулянты равны нулю, мы рассчитаем четвертые кумулянты флуктуаций, которые в этом случае дают первые, обусловленные нелинейностью системы, поправки к найденным в гауссовом приближении четвертым моментам. Для примера мы применим общие формулы к двухпроводной линии и рассмотрим два характерных случая: распределенной нелинейной проводимости направляющих проводов и «линейной» линии, нагруженной на нелинейное сопротивление.

1. Четырехвременные кумулянты найдем с помощью флуктуационно-диссипационных соотношений, используя результаты работ [3, 4]. Обозначим четвертые кумулянты $Y_{1234} = \langle J_1, J_2, J_3, J_4 \rangle$ и адмитансную функцию (функцию Грина) линеаризованной системы $Y_{1,2} = \frac{\delta \langle J_1 \rangle}{\delta h_2}$.

Здесь под индексами 1, 2, ... нужно понимать α_1, t_1, r_1 ; α_2, t_2, r_2 ; ... в пространственно-временном представлении или α_1, ω_1, k_1 ; α_2, ω_2, k_2 в спектральном представлении. $J_1 = \dot{B}_1$ — производные по времени от внутренних термодинамических параметров: зарядов, напряженностей полей и т. д., h_1 — сопряженные этим параметрам внешние силы, так что энергия взаимодействия имеет вид $V = - \sum_{\alpha} \int B_{\alpha}(t, r) h_{\alpha}(t, r) dr$.

Тогда из [3, 4] в некантовом случае имеем

$$Y_{1234} = -4 \{ Y_{1,5} Y_{2,6}^B Y_{3,7}^B Y_{4,8}^B Z_{5,678} \}_s - 4 \{ Y_{1,5}^B Y_{2,6} Y_{3,7} Y_{4,8}^B Z_{5,678} \}_s + 6 \{ Y_{1,5} Z_{2,6} Y_{3,7}^B Y_{4,8}^B E_{56,78} \}_s, \quad (1)$$

где в случае повторяющихся индексов подразумевается суммирование по дискретным индексам и интегрирование по непрерывным (t, r) .