

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ЧЕРЕЗ ГРАНИЦУ РАЗДЕЛА
ВОДА-ВОЗДУХ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ДИНАМИКИ ТЕПЛОВОГО
РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Выполнены измерения динамики теплового радиоизлучения водной среды в процессе искусственной турбулизации воздуха над его поверхностью. Измерения выполнялись в лабораторных условиях с помощью радиометра на частоте 60 ГГц, рупор антенны которого размещался на высоте 1 м над водной поверхностью совместно с феном, предназначенным для турбулизации воздуха. Размер пятна диаграммы направленности на водной поверхности составлял около 10 см. Точность измерений оценивается в 0.03 К. Цикл измерений начинался с момента включения фена, после чего в течение 1 - 3 минут наблюдалась динамика яркостной температуры излучения, связанная с процессом охлаждения водной среды. Затем обдув выключался и наблюдался процесс релаксации. Одновременно с помощью контактного датчика выполнялись измерения динамики температуры воды на заданной глубине.

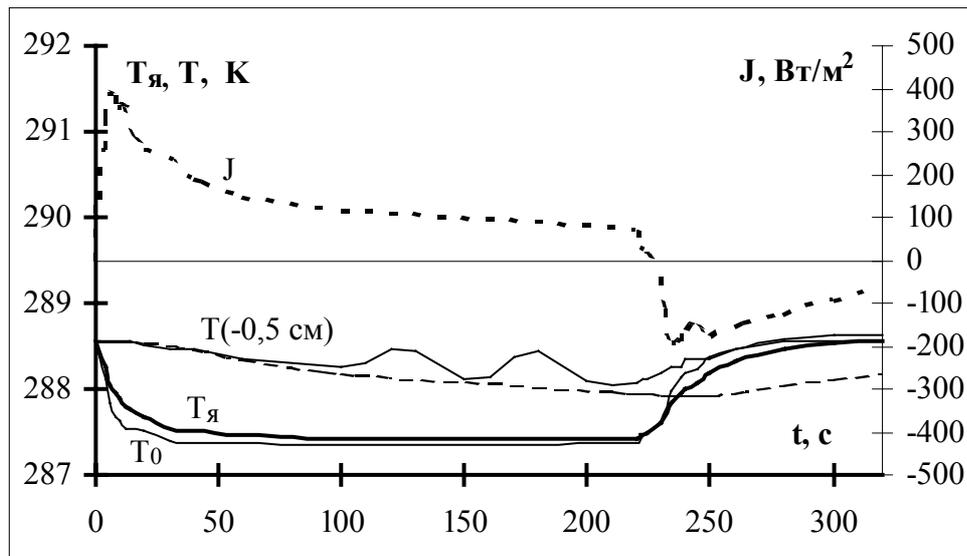


Рис.1. Результаты измерений и восстановления параметров в цикле турбулизации.

На основе теории, основанной на совместном решении уравнений переноса излучения и теплопроводности [1-2], по измеренной эволюции теплового радиоизлучения водной среды $T_{я}(t)$ восстановлена динамика потока тепла $J(t)$ через границу раздела вода-воздух, профилей температуры $T(z,t)$ по обе стороны этой границы (в воде и в воздухе) и толщины вязкого подслоя в воздухе, образующегося при турбулизации воздуха над поверхностью

воды. Толщина вязкого подслоя составляла около 2 мм. В потоке тепла были выделены составляющие, связанные с испарением и с теплопроводностью, что позволило определить скорость испарения. Исследовано влияние турбулизации водной среды, которая приводит к образованию термической пленки в поверхностном слое воды. Различие динамики теплового излучения от случая нетурбулизованной среды позволило оценить толщину термической пленки в эксперименте (около 2 мм).

Оказалось возможным восстановить толщину и распределение температуры в пленке. В нетурбулизованной водной среде наблюдалось развитие конвекции при достижении критического значения числа Релея, которое также определялось из результатов анализа теплового излучения. На рис.1 можно видеть колебания температуры, регистрируемые контактным датчиком, связанные с конвекцией, которые приводят к отклонению восстановленной температуры (пунктир) от данных контактных измерений (сплошная линия) при $t > 1$ мин. Установлено, что при турбулизации водной среды в холодной термической пленке число Релея не достигает критического значения.

Исследовано также влияние на тепло- и массообмен наличия на водной поверхности пленки нефтепродуктов. При толщине пленки несколько миллиметров обдув поверхности не изменял существенно температуру поверхности и не наблюдалось заметной динамики яркостной температуры. Однако при пленках толщиной несколько микрон испарение хотя и уменьшалось, но не прекращалось совсем, причем на глаз не было заметно разрывов в пленке. При наличии пленки со средней толщиной 3 и 5 мкм, испарение уменьшается соответственно в 2 и в 3 раза, но не предотвращает его совсем.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ, грант N 96-02-16514, а также Госкомвуза России, грант N 908.562.1746.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайкович К.П. Определение распределения температуры однородного полупространства по тепловому радиоизлучению на основе решения термозволюционного уравнения.- Изв.вузов. Радиофизика, 1993, т.36, N 1, с. 16-24.
2. Gaikovich K.P. Simultaneous solution of emission transfer and thermal conductivity equations in the problems of atmosphere and subsurface radiothermometry.- IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 1994, v.32, No.4, p.885-889.