

Ю. Троицкая<sup>1</sup>, А. Кандауров<sup>1</sup>, Д. Сергеев<sup>1</sup>, О. Ермакова<sup>1</sup>,  
М. Вдовин<sup>1</sup>, Д. Козлов<sup>1</sup>, О. Дружинин<sup>1</sup>, С. Зилитинкевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт прикладной физики, Нижний Новгород, Россия,

<sup>2</sup>Финский метеорологический институт, Хельсинки, Финляндия

## **МИКРОФИЗИКА ПОГРАНИЧНЫХ СЛОЕВ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА ПРИ СИЛЬНОМ ВЕТРЕ И ЕЕ РОЛЬ В ДИНАМИКЕ И ТЕРМОДИНАМИКЕ МОРСКИХ ШТОРМОВ**

Появление интенсивных быстро развивающихся ураганов в последнее время ясно показало необходимость улучшения прогнозов их интенсивности, которая наиболее чувствительна к применяемым моделям взаимодействия атмосферы и океана. Особенно сложными являются природа и влияние самых мелкомасштабных явлений, таких, как морские брызги и пена, которые, как предполагается, сильно влияют на потоки количества движения и тепла из океана в атмосферу при сильном ветре. В это сообщении я расскажу о том, какой прогресс был достигнут в последнее время нами в понимании и описании этих «микромасштабных» процессов, их физических свойствах, потоках воздух-море, связанных с брызгами и пеной, и их влиянии на развитие морских штормов.

Отправной точкой для этих исследований были два лабораторных эксперимента. Первый направлен на исследование механизмов образования брызг при сильном ветре. На основе высокоскоростного видео, мы показали, что доминирующим механизмом образования брызг является дробление по типу "парашют", известное ранее в другом контексте. Исходя из первых принципов статистической физики, мы разработали статистическое описание этих явлений. Во втором эксперименте исследовалось влияние пены на коротковолновую часть поверхностных волн и обмен тепловым импульсом в пограничном слое атмосферы при сильном ветре. На основе этих результатов мы предлагаем простую модель аэродинамической и температурной шероховатости и вихревой вязкости в турбулентном пограничном слое над частично покрытой пеной водной поверхностью.

Оказалось, что синергетический эффект пены на поверхности воды и брызг в пограничном слое атмосферы над морем позволяет объяснить наблюдаемые особенности потоков воздух-море в штормовых условиях. Расчеты в рамках негидростатической осесимметричной модели показывают, что учет «микрофизики» взаимодействия воздух-море значительно ускоряет развитие океанического шторма.

Yu. Troitskaya<sup>1</sup>, A. Kandaurov<sup>1</sup>, D. Sergeev<sup>1</sup>, O. Ermakova<sup>1</sup>,  
M. Vdovin<sup>1</sup>, D. Kozlov<sup>1</sup>, O. Druzhinin<sup>1</sup>, S. Zilitinkevich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Applied Physics, Nizhny Novgorod, Russia,*

<sup>2</sup>*Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland*

## **MICROPHYSICS OF THE AIR-SEA COUPLING AT HIGH WINDS AND ITS ROLE IN THE DYNAMICS AND THERMODYNAMICS OF SEVERE SEA STORM**

Showing the record strengths and growth-rates, a number of recent hurricanes have highlighted needs for improving forecasts of tropical cyclone intensities most sensitive to models of the air-sea coupling. Especially challenging is the nature and effect of the very small-scale phenomena, the sea-spray and foam, supposed to strongly affecting the momentum- and heat- air-sea fluxes at strong winds. This talk will focus on our progress in understanding and describing these "micro-scale" processes, their physical properties, the spray and foam mediated air-sea fluxes and the impact on the development of marine storms.

The starting points for this study were two laboratory experiments. The first one was designed for investigation of the spray generation mechanisms at high winds. Basing on high-speed video we identified it as the "bag-breakup" mode of fragmentation of liquid in gaseous flows known in a different context. From first principles of statistical physics we developed statistical description of these phenomena and show that at extreme winds the bag-breakup is the dominant spray-production mechanism. In the second experiment we studied the foam impact on the short-wave part of the surface waves and the heat momentum exchange in the atmospheric boundary layer at high winds. Based on these results, we suggest a simple model for the aerodynamic and temperature roughness and the eddy viscosity in the turbulent boundary layer over a fractionally foam-covered water surface.

The synergetic effect of foam at the water surface and spray in the marine atmospheric boundary layer on ocean surface resistance at high winds is estimated so as to be able to explain the observed peculiarities of the air-sea fluxes at stormy conditions. Calculations within the nonhydrostatic axisymmetric model show, that the "microphysics" of the air-sea coupling significantly accelerate development of the ocean storm.