

Исследование рассеяние микроволнового излучения X-диапазона на обрушениях волн в рамках лабораторного эксперимента

Байдаков Г.А., Поплавский Е.И., Русаков Н.С., Вдовин М.И., Троицкая Ю.И.

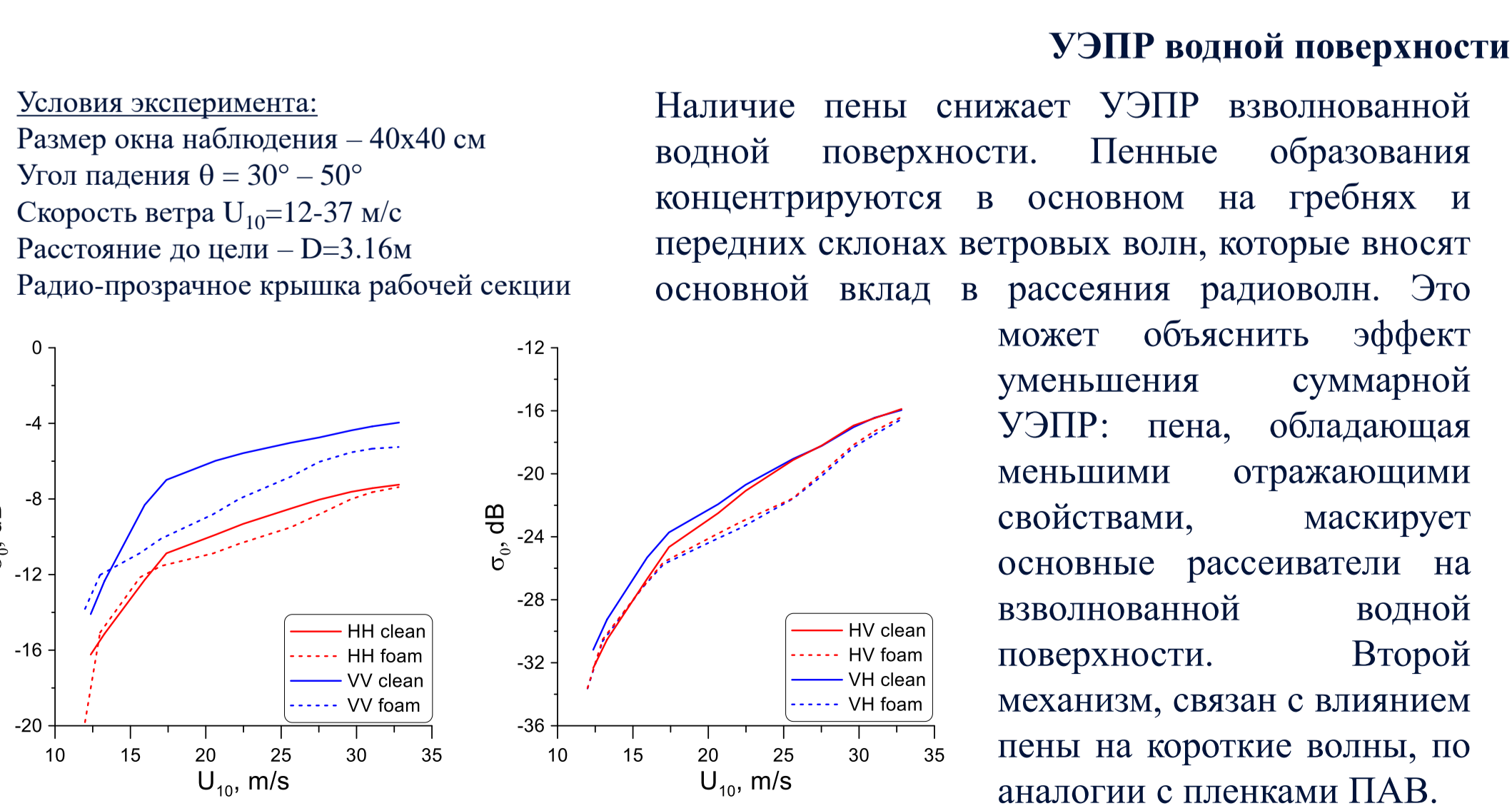
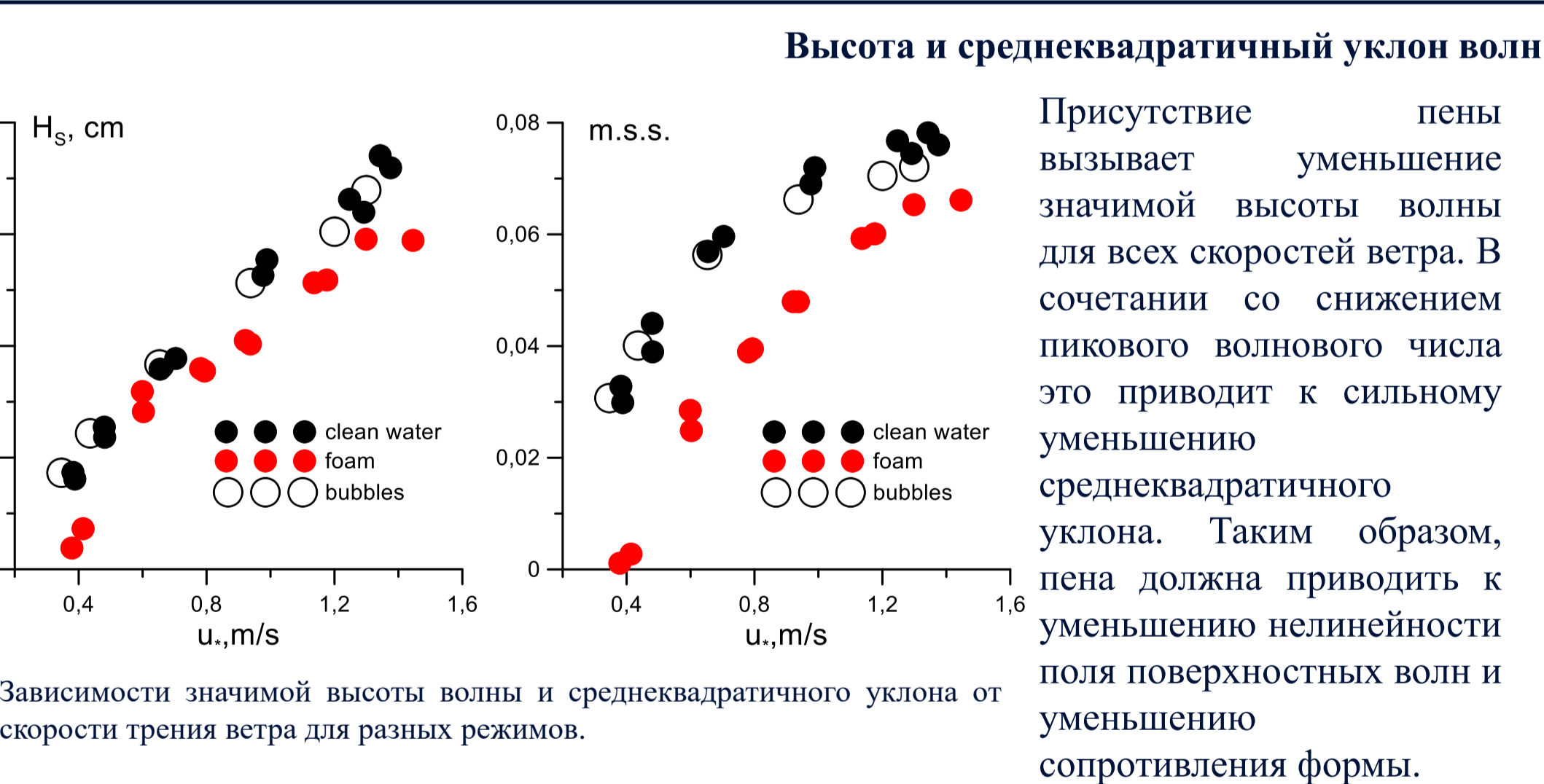
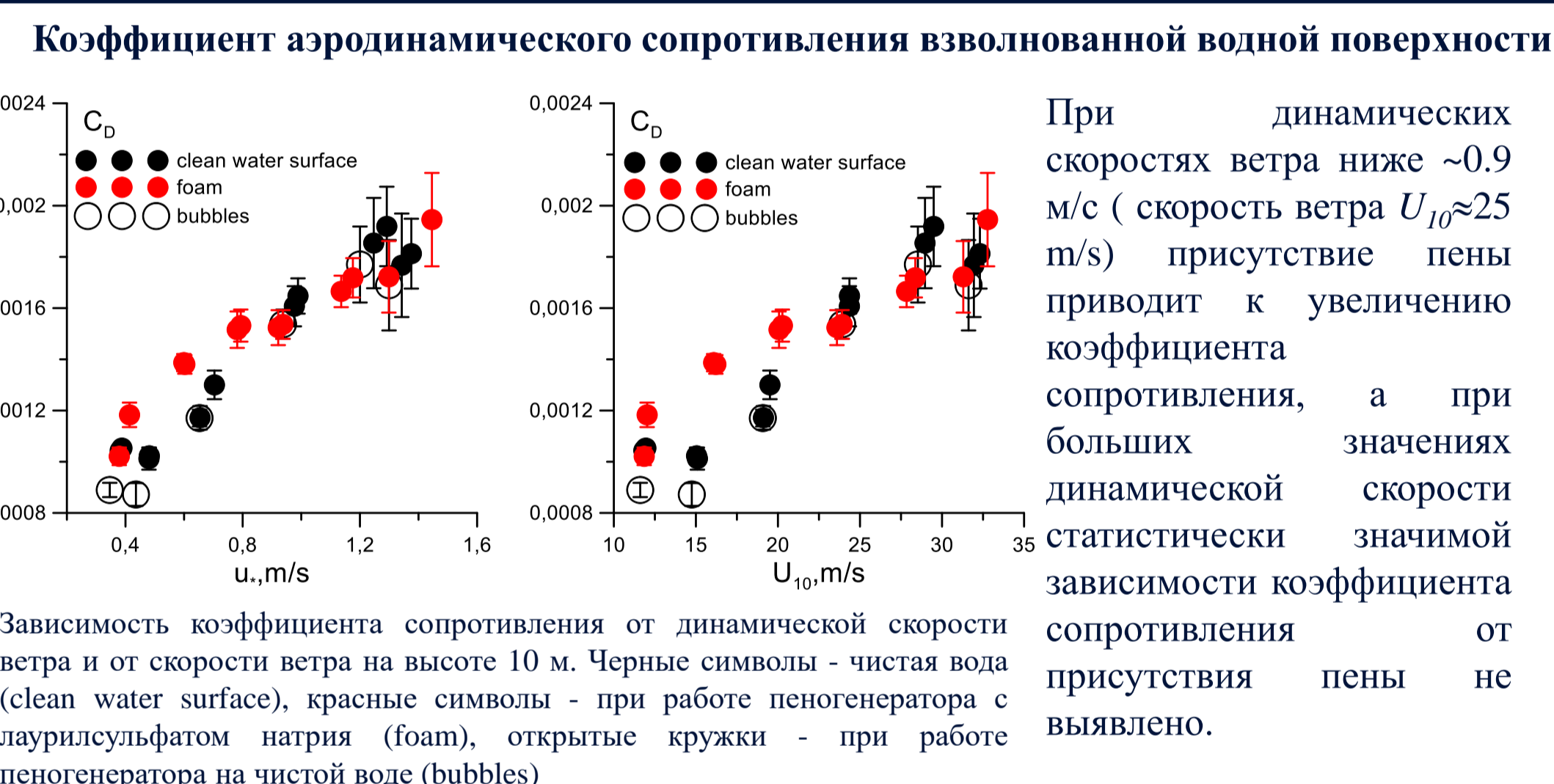
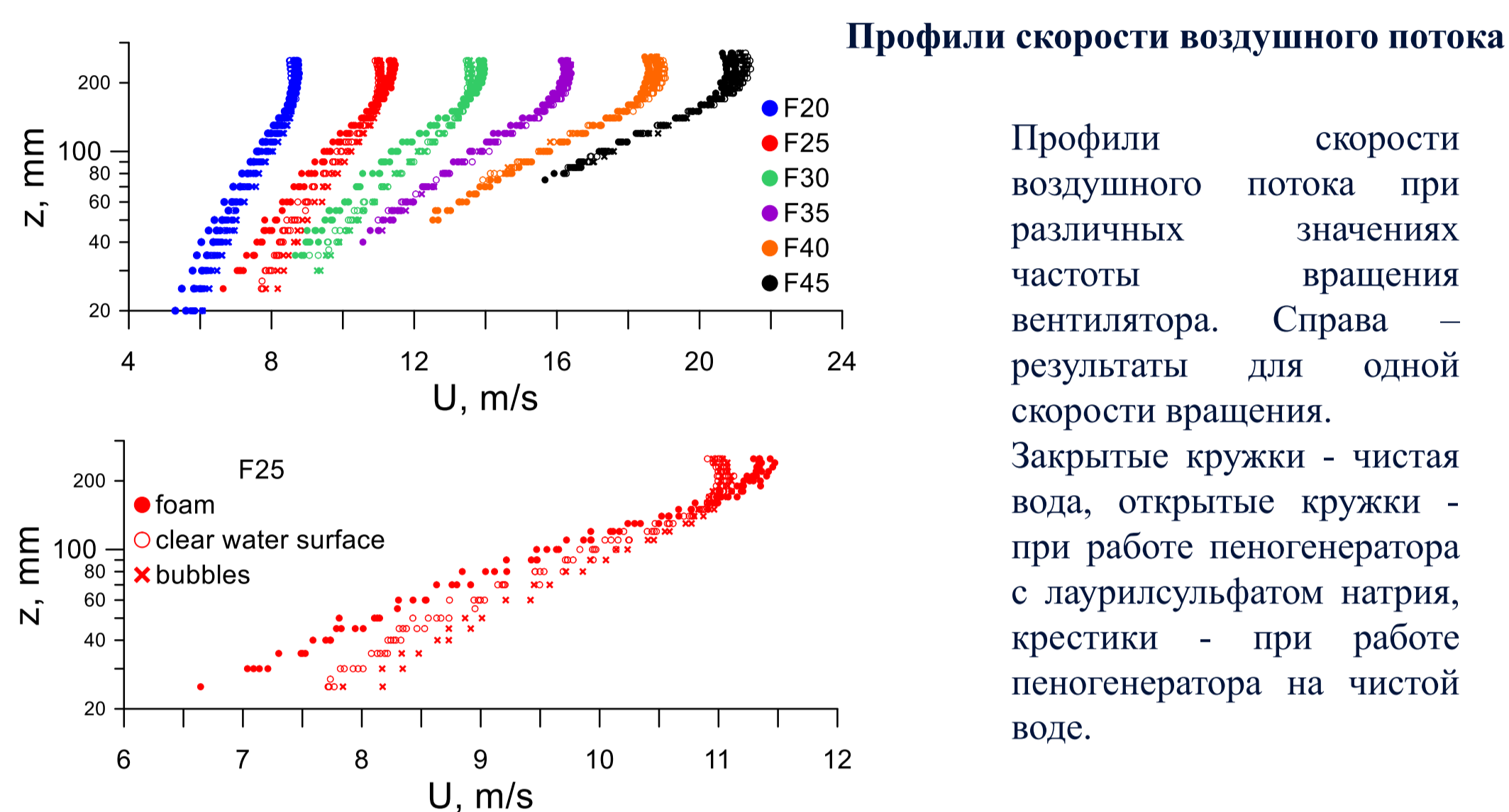
Институт прикладной физики Российской академии наук

603950, Н.Новгород, ул. Ульянова, 46, baydakov@ipfran.ru

Представлены результаты моделирования воздействия пены на коротковолновую часть поверхностных волн, обмен импульсом в пограничном слое атмосферы и рассеивание микроволнового излучения при сильных ветрах. Основой исследования является серия экспериментов, выполненных на ветро-волновом канале ИПФ РАН. Эксперименты проведены в широком диапазоне скоростей ветра (диапазон изменения эквивалентной скорости ветра на высоте 10 м в ходе эксперимента составил от 12 до 38 м/с) и параметров волнения. Для возможности непрерывного создания пены на поверхности воды был разработан специальный подводный пеногенератор, который не вносил бы существенного влияния на поверхностное волнение. Расход пены во всей серии экспериментов не изменялся.

Измерены параметры воздушного потока, пространственно-временных спектров поверхностных волн, степени покрытия воды пеной и распределение пенных пузырьков. Анализ данных показал, что коэффициент аэродинамического сопротивления коррелирует с долей покрытия поверхности воды пеной и средним квадратичным уклоном волн.

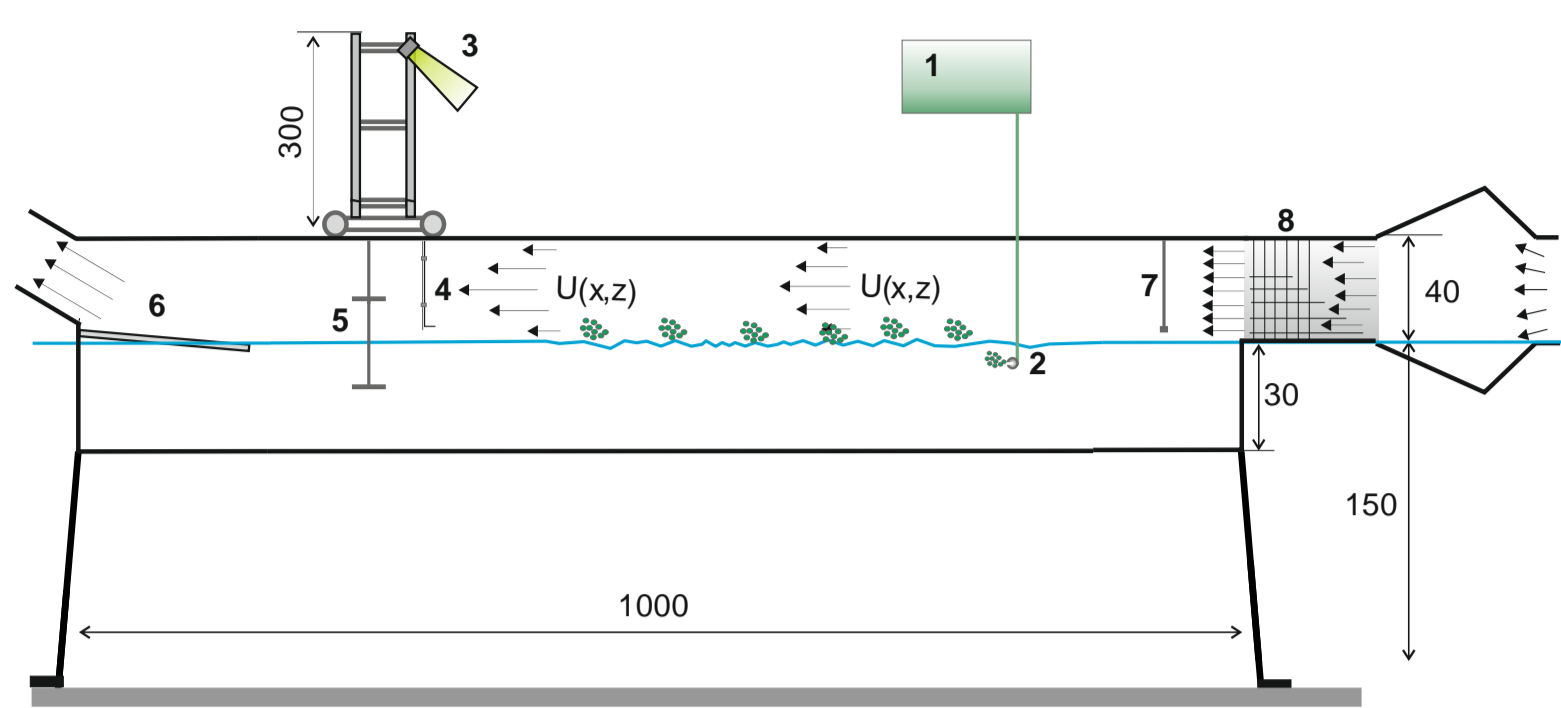
По результатам радиолокационных измерений был сделан вывод, что наличие пены снижает УЭПР взволнованной водной поверхности. Пенные образования концентрируются в основном на гребнях и передних склонах ветровых волн, которые вносят основной вклад в рассеяния радиоволн.



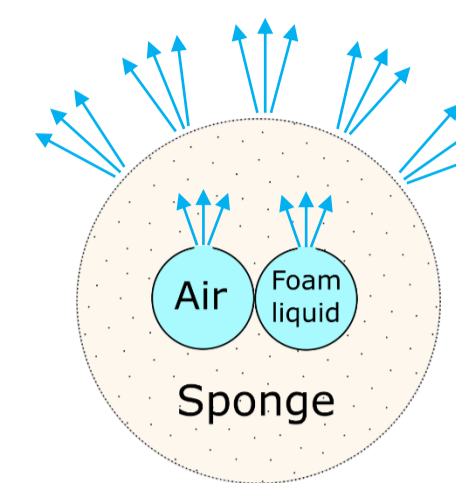
Удельная эффективная площадь рассеяния (УЭПР) Влияние пены на рассеяние микроволнового радиоволн X-диапазона. Угол падения 50 градусов.

Экспериментальная установка

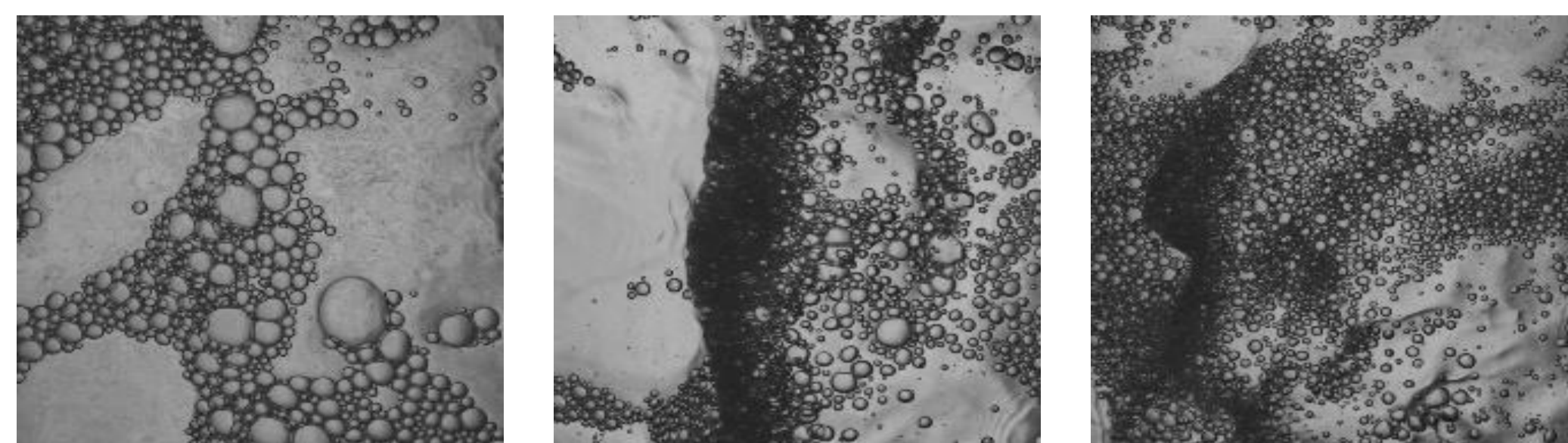
Высокоскоростной ветро-волновой канал



- 1 – лаурилсульфат натрия (SLS)
- 2 – пеногенератор
- 3 – микроволновый скаттерометр X-диапазона
- 4 – трубка Пито
- 5 – трехканальный струнный волнограф
- 6 – пляж-волногаситель
- 7 – термоанемометр
- 8 – хонейкомб



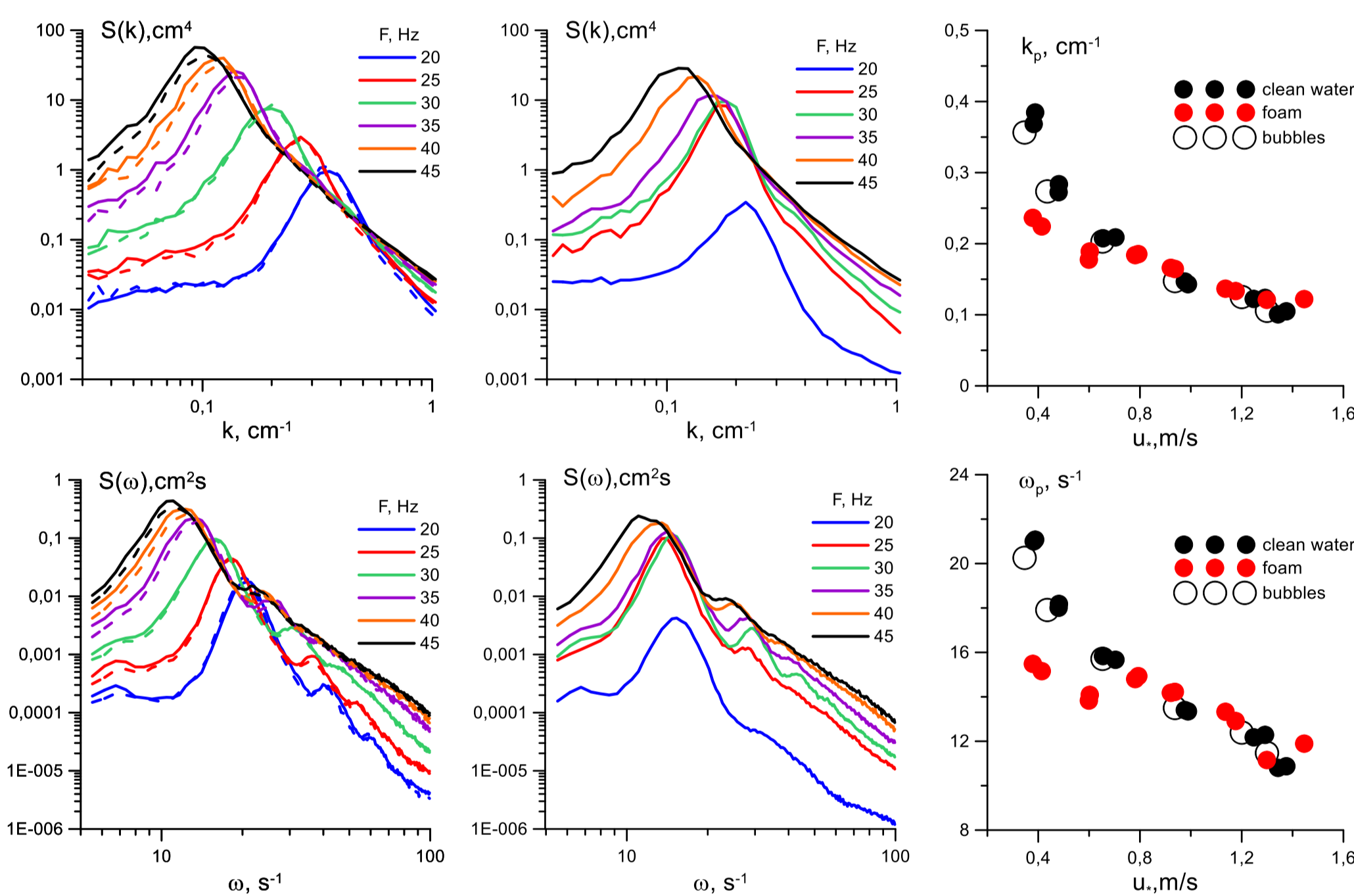
Пеногенератор в разрезе



Примеры пены на поверхности воды при разной скорости ветра. На фото участок поверхности 20x20 см.

Пространственные и частотные спектры поверхностного волнения

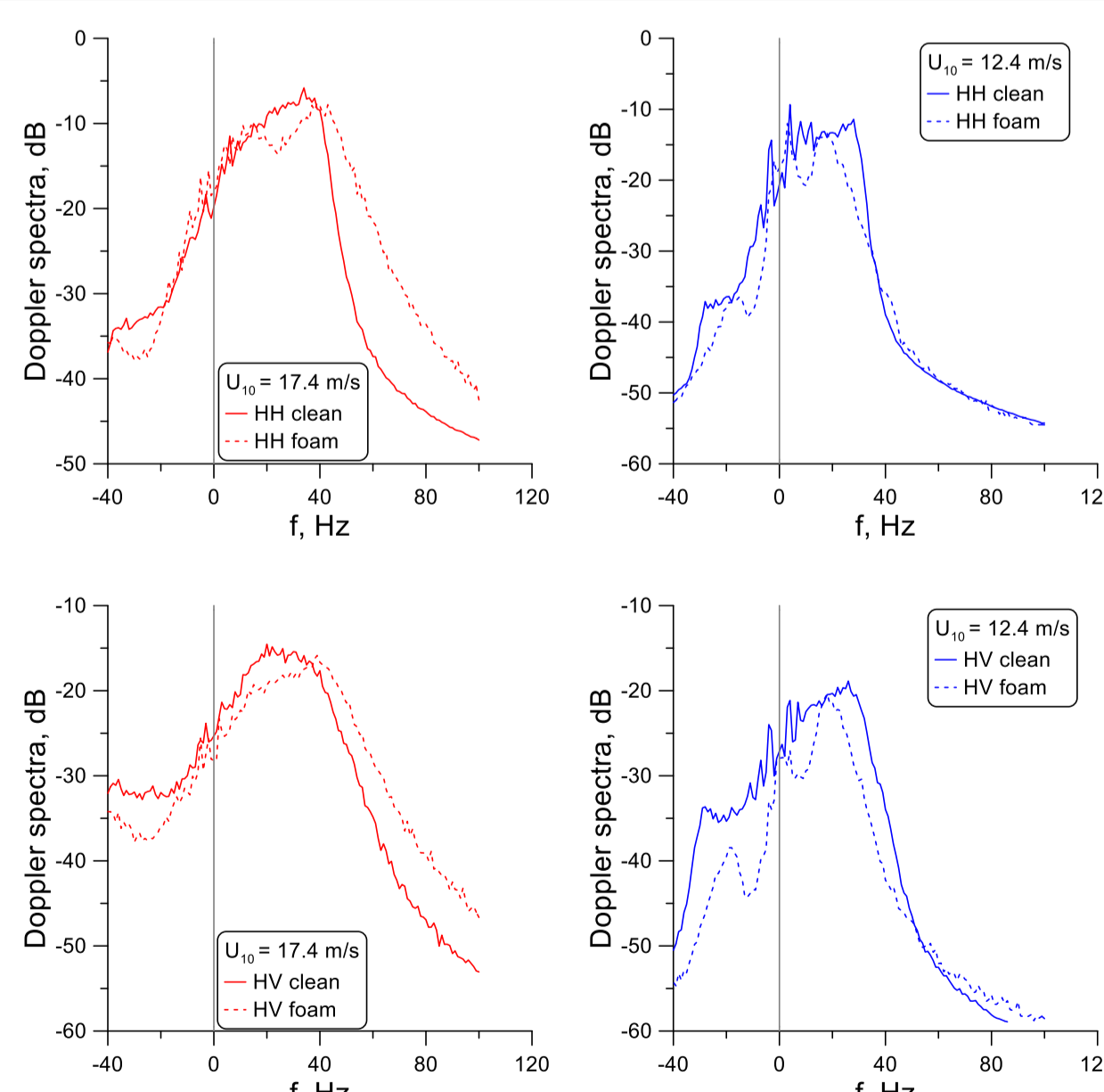
Наличие пены изменяет спектры поверхностных волн. Самым ярким эффектом является подавление эффекта снижения пиковых частоты ω_p и волнового числа k_p с увеличением скорости ветра. Этот эффект ясно виден на зависимости ω_p и k_p от скорости трения ветра для разных режимов.



Изотропные спектры по частоте и волновому числу, полученные в разных режимах: слева - чистая вода (сплошная линия), пеногенерация на чистой воде; посередине - пеногенерация в растворе SLS. Справа - зависимости ω_p и k_p от скорости трения ветра для разных режимов.

Доплеровские спектры РЛ сигнала

В случае слабого ветра наличие пены на поверхности приводит к уменьшению коротковолновой части спектра поверхностных волн и, как результат, уменьшению р/л сигнала в целом. Кроме этого, в доплеровском спектре проявляется зеркальная составляющая, соответствующая основной частоте волнения. С случае более сильного ветра, группирование основного рассеивателя - пены - на гребнях волн приводит смещению доплеровских спектров в высокочастотную область.



Выводы

Несмотря на то, что пена приводит к значительному уменьшению среднего уклона поверхности (основного параметра характеризующего шероховатость), и особенно для малых скоростей ветра (менее порогового значения), скорость трения, параметр температурной шероховатости, коэффициент аэродинамического сопротивления и коэффициент теплообмена увеличиваются. При этом для больших скоростей ветра эти различия стираются (находятся в границах погрешности).

Сильное влияние пены на коротковолновую составляющую волнения приводит к снижению УЭПР. При этом в случае сильных ветров, когда пена группируется на гребнях волн, увеличивается средняя скорость рассеивателей на поверхности воды, что приводит к изменению доплеровских спектров р/л сигнала.

Работа выполнена при поддержке грантов РНФ 20-77-00097 и гранта Президента МК-144.2019.5

Восемнадцатая всероссийская открытая ежегодная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

Москва, ИКИ РАН, 16-20 ноября 2020 г.