

Влияние температуры окружающей среды на вязкоупругие свойства нефтяных пленок в приложении к проблеме дистанционного зондирования



И.А. Сергиевская, С.А. Ермаков., Капустин И.А.

Институт прикладной физики РАН
Волжский государственный университет водного транспорта
i.sergia@ipfran.sci-nnov.ru

Нефть и нефтепродукты являются основными загрязнителями океана и шельфовой зоны. Одним из наиболее перспективных средств обнаружения, диагностики загрязнений и выделения их на фоне других неоднородностей на поверхности океана являются многочастотные радиолокаторы СВЧ диапазона. При умеренных углах падения нефтяные загрязнения хорошо видны на радиолокационных изображениях морской поверхности за счет интенсивного гашения коротких гравитационно-капиллярных волн. Важным аспектом проблемы дистанционного зондирования нефтяных разливов в северных морях является вопрос о влиянии температуры на характеристики пленок и подавление пленками ветровых волн см-диапазона.

Эксперимент

Лабораторные измерения затухания волн с частотами 10-27.5 Гц на поверхности воды, покрытой пленками нефти и нефтепродуктов конечной толщины, от температуры окружающей среды проводились в специальной термостатической камере, позволяющей поддерживать заданную температуру в интервале 1-10 градусов. Для измерения затухания использовался метод параметрических волн [1]. Результаты измерений и подробный анализ полученных данных для пленок сырой нефти, осветительного керосина и дизельного топлива при комнатной температуре представлены в [2-5]. Образцы сырой нефти и нефтепродуктов между экспериментами (полный цикл измерений был нескольких месяцев) хранились в закрытых сосудах, таким образом, можно полагать, что свойства веществ на протяжении экспериментов не менялись.

Результаты

Пример измеренных коэффициентов затухания и ЭКПН приведен для частоты волны 10 Гц. Коэффициент затухания для пленки произвольной толщины определяется большим числом параметров, в частности, КПН, вязкостью вещества пленки, упругостью пленки. Для толщин пленки меньше толщины вязкого подслоя – только упругостью пленки и КПН.

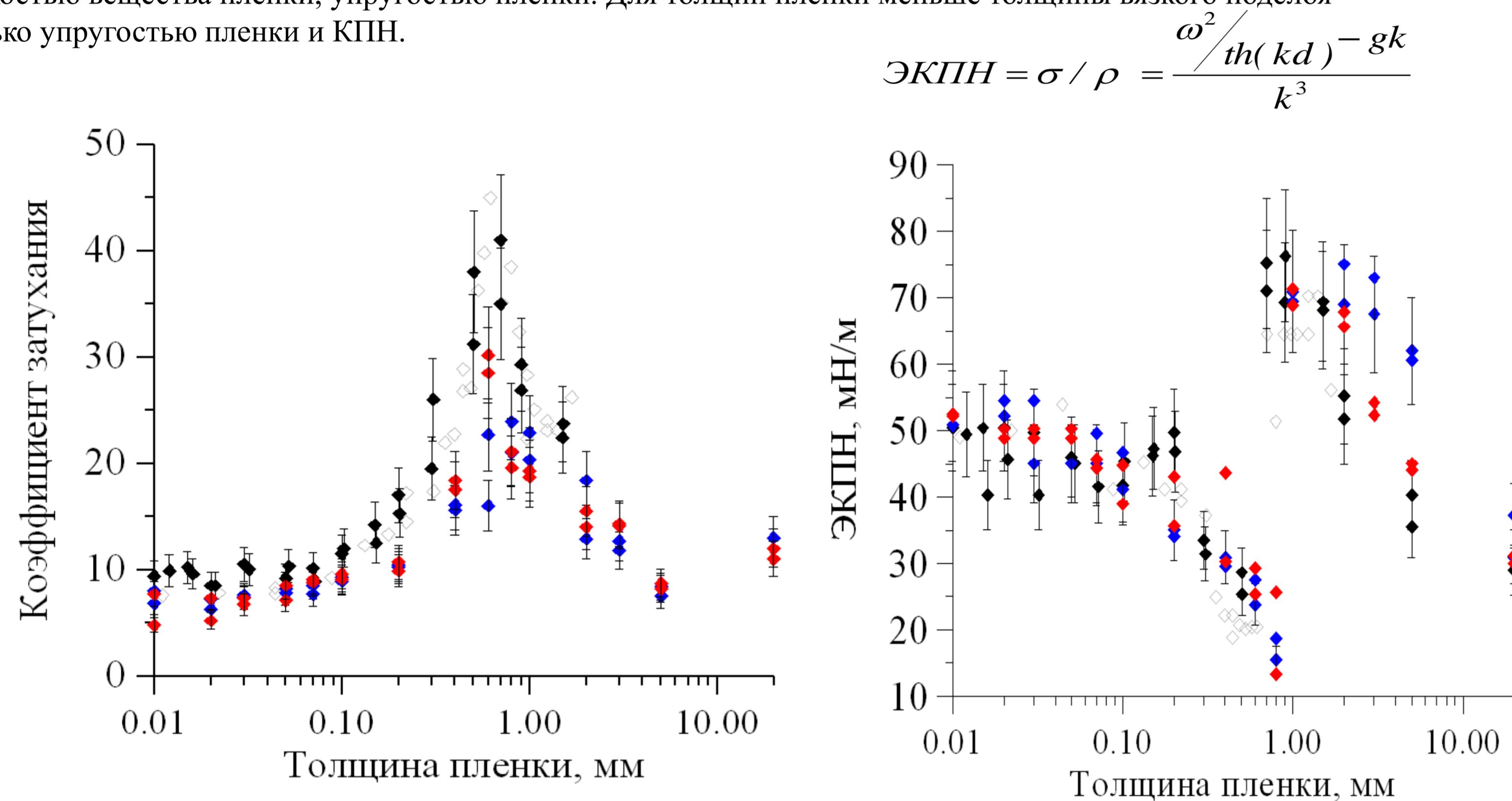


Fig.1 Зависимости коэффициента затухания волн (нормирован на затухание на чистой воде при той же температуре) и ЭКПН на поверхности воды, покрытой пленкой сырой нефти при разных температурах. Черные точки – 25°C, красные – 6-8°C, синие – 2-3°C. Звездочки, данные из [4].

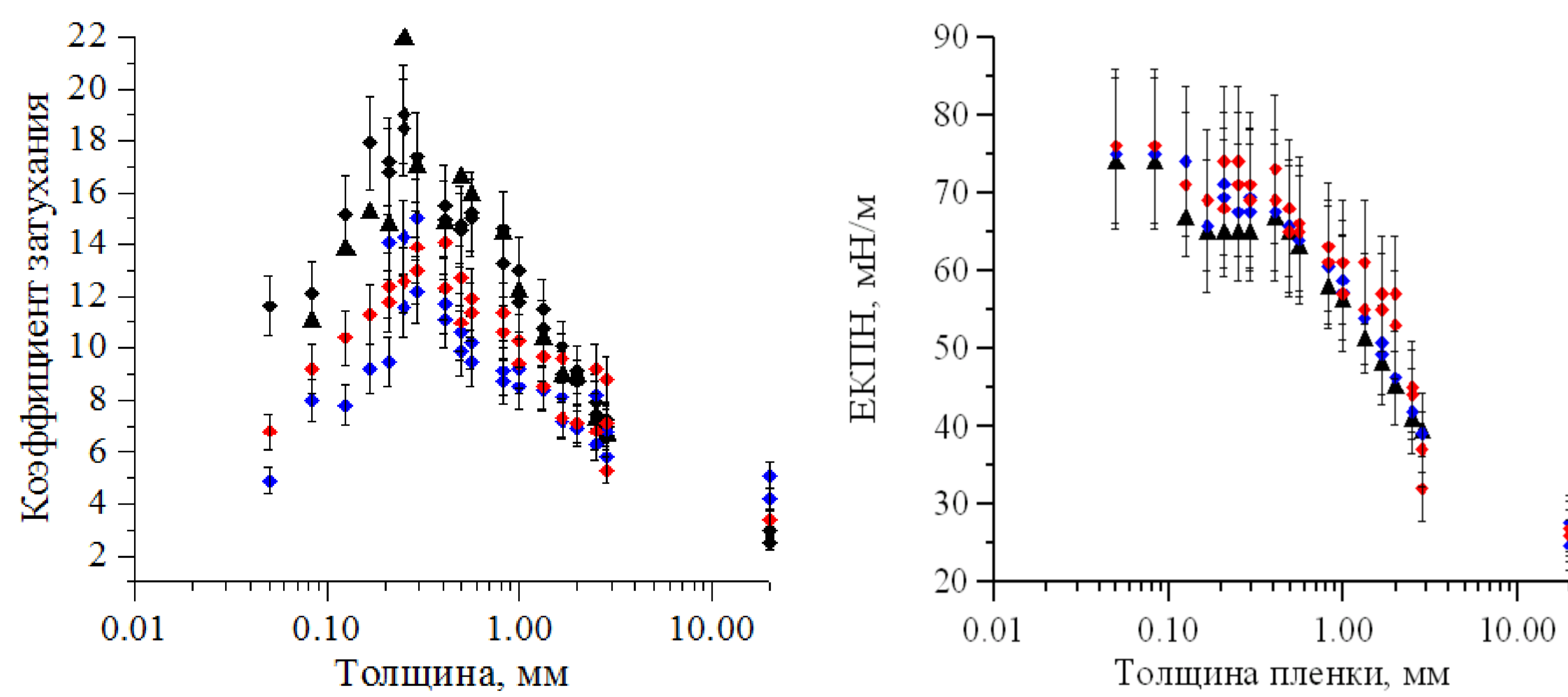


Fig. 2 Зависимости коэффициента затухания и ЭКПН волн на поверхности воды, покрытой пленкой осветительного керосина при разных температурах. Черные точки – 25°C, красные – 6-8°C, синие – 2-3°C.

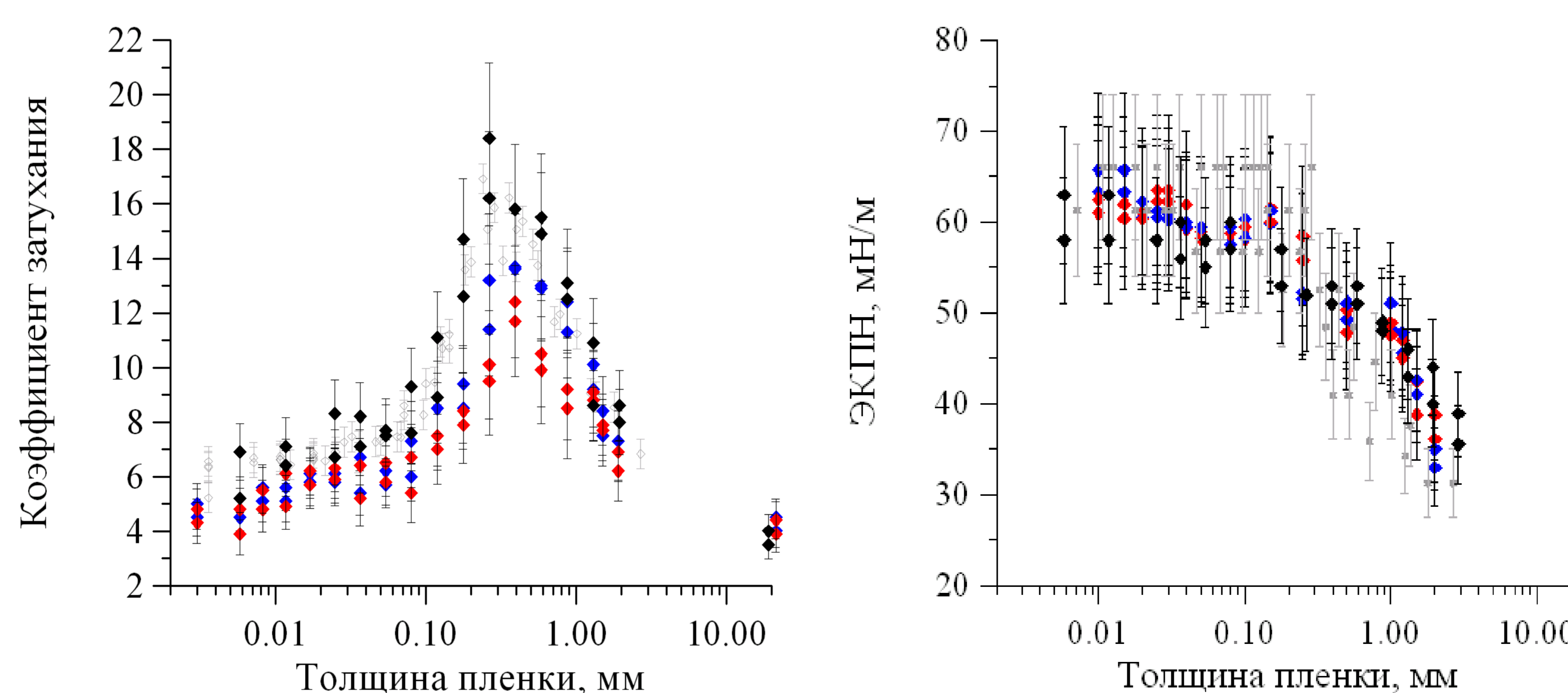


Fig.3 Зависимости коэффициента затухания и ЭКПН волн на поверхности воды, покрытой пленкой дизельного топлива при разных температурах окружающей среды (воздух, вода). Черные точки – 25°C, красные – 6-8°C, синие – 2-3°C. Звездочки, данные из [4].

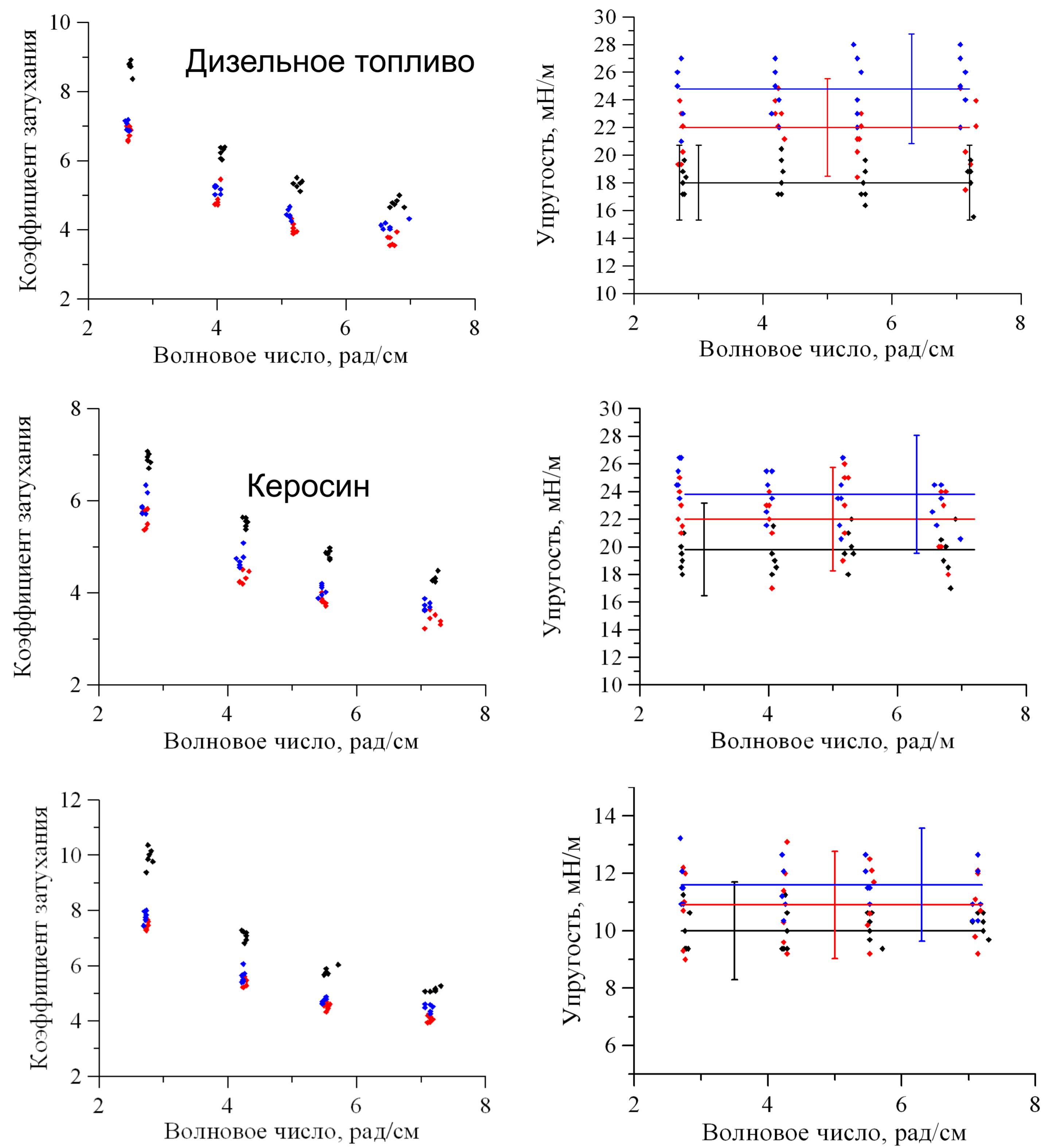


Рис.4 Зависимость коэффициента затухания от длины волны для тонкой пленки и восстановленная упругость пленки для разных веществ и разных температур. Черные точки – 25°C, красные – 6-8°C, синие – 2-3°C

Упругость пленки слабо возрастает при уменьшении температуры окружающей среды. Вариации упругости от волнового числа в пределах ошибки измерения. Упругость не зависит от частоты волны. Наши измерения [3-6] показывают, что упругость сильно зависит от сорта нефти. Измеренные нами разные сорта сырой нефти имеют упругость 10-20 мН/м.

Спектральные контрасты ветровых волн при разных температурах окружающей среды [7]

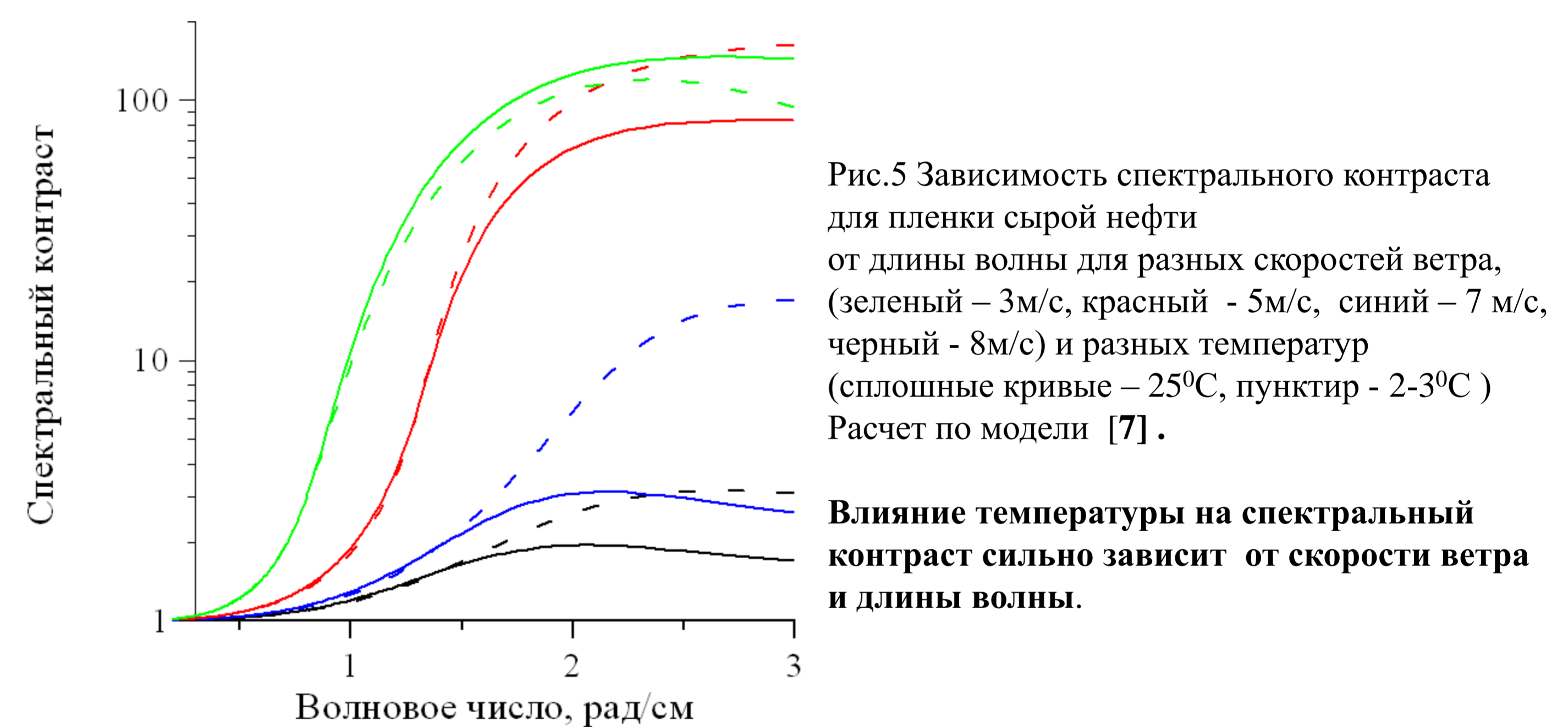


Рис.5 Зависимость спектрального контраста для пленки сырой нефти от длины волны для разных скоростей ветра, (зеленый – 3м/с, красный - 5м/с, синий – 7 м/с, черный - 8м/с) и разных температур (сплошные кривые – 25°C, пунктир - 2-3°C) Расчет по модели [7].

Влияние температуры на спектральный контраст сильно зависит от скорости ветра и длины волны.

Литература

1. Ермаков С.А., Княшко С.В., Коннов И.Р., О возможности определения параметра упругости поверхностно-активных пленок по измерению затухания стоячих капиллярно-гравитационных волн, Известия РАН, ФАО, 32, 544, (1996)
2. Ермаков С.А., Сергиевская И.А., Гушин Л.А., Затухание гравитационно-капиллярных волн в присутствии нефтяной пленки по данным лабораторных и численных экспериментов, Известия РАН, ФАО, 48, 631, (2012).
3. Сергиевская И. А., Ермаков С. А. Затухание гравитационно-капиллярных волн на воде, покрытой вязкоупругой пленкой конечной толщины. Известия РАН, ФАО, 2017, том 53, № 6, с. 738–746.
4. Sergievskaya I., Ermakov S., Lazareva T., Damping of short gravity-capillary waves due to oil derivatives film on the water surface Proc. SPIE 2016, <https://doi.org/10.1117/12.2241811.999903>(2016).
5. Sergievskaya I., Ermakov S., Lazareva T., Lavrova O., Damping of surface waves due to oil emulsions in application to ocean remote sensing, Proc. SPIE 2017, <https://doi.org/10.1117/12.2278575.104221H> (2017)
6. Kudryavtsev V.N., Akimov D., Johannessen J.A., Chapron B. On radar imaging of current features: 1. Model and comparison with observations // J. Geophys. Res. 2005. Vol. 110. C07016. DOI: 10.1029/2004JC002505.

Заключение

1. Измерены коэффициенты затухания волн на поверхности воды, покрытой пленкой сырой нефти, дизельного топлива и осветительного керосина в диапазоне толщин пленок от сотых долей до нескольких мм, для частот волн 10-27 Гц при нескольких температурах окружающей среды.
2. Показано, что при уменьшении температуры окружающей среды упругость пленок слабо увеличивается и не зависит от частоты волн.
3. Теоретические расчеты с использованием измеренных значений упругости, вязкости и коэффициентов поверхностного натяжения при разных температурах показали, что влияние низких температур на спектральный контраст ветровых волн на тонкой пленке сырой нефти (толщина до десятых долей вязкого подслоя) сильно зависит от длины волны и скорости ветра.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18-45-520008), а также Русского географического общества в рамках гранта “Экспедиция Плавающий университет Волжского бассейна” (договор № 06/2018-Р).