

Исследование эффекта компрессии пленок поверхностно-активных веществ течениями, индуцированными поверхностными волнами

Тулинова Ника Валерьевна

11 класс, МАОУ Школа № 45 Нижнего Новгорода, Научное объединение «Школа юного исследователя» АНО ДО «Академ клуб», ИПФ РАН

Научный руководитель: Вострякова Дарья Васильевна, старший лаборант-исследователь ИПФ РАН

Исследован эффект компрессии пленок поверхностно-активных веществ течениями, индуцированными поверхностными волнами. Были изучены теоретические основы понятия компрессии пленки: при разных амплитудах создаются течения, которые в различной степени поджимают пленку. Проведено сравнение двух методов определения границы пленки: по полю скоростей и по распределению талька. Оба метода показали одинаковый результат, значит, определение по полю скоростей может служить методом обнаружения пленочного разлива.

Мы живем в век техногенных катастроф, что является серьезной экологической проблемой. Чтобы оперативно обнаружить и качественно устранить последствия разливов нефтепродуктов с поверхности воды, нужно исследовать, как ведут себя границы разлива этой пленки. В настоящей работе была поставлена задача исследовать поведение границы пленки в рамках лабораторного эксперимента. Это нужно для понимания процессов, происходящих с, например, нефтяными разливами на поверхности океана, другими словами, происходящих в натурных условиях. Ранее при исследованиях, проводимых в ИПФ РАН, использовалась пленка с маленькой поверхностной концентрацией, что не всегда соответствует реальной характеристики нефтяного (пленочного) пятна. Были продолжены начатые ранее лабораторные эксперименты по исследованию компрессии поверхностно-активных веществ (ПАВ) течениями, индуцированными поверхностными волнами [2], но с большей поверхностной концентрацией пленки.

Гипотеза: знания о динамике границ пленочных разливов под действием поверхностных волн открывают новые возможности оперативного обнаружения разливов загрязняющих веществ в море

Цель работы: изучить компрессию поверхностно-активных пленок течениями, индуцированными волнами на поверхности воды

Практическая часть: Эксперименты проводились в ИПФ РАН вместе с научным руководителем на прямом участке кольцевого бассейна. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1.

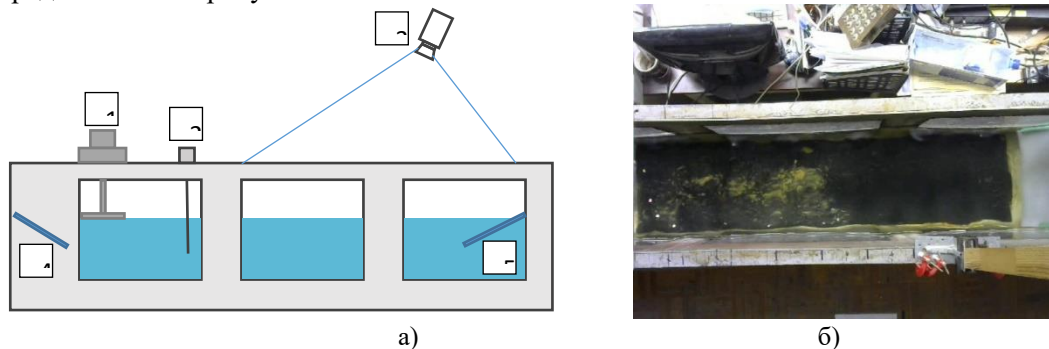


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. Вид сбоку: 1 – волнопродуктор, 2 – волнограф, 3 – видеокамера, 4 – волногаситель, 5 – барьер (а). Фотография – вид на бассейн сверху (б).

Ход работы:

На поверхность воды наносился раствор олеиновой кислоты, который через некоторое время равномерно распределялся по поверхности рабочей области бассейна. С помощью волнопродуктора создавались волны, под действием которых пленка поджималась к противоположному краю. Вблизи волнопродуктора наносились 5-6 бумажных маркеров небольшого размера, движение которых регистрировалось видеокамерой. Частички бумаги сначала дрейфовали быстро, по прямой траектории, но через некоторое время начинали замедляться. Это означало, что бумажные маркеры достигли границы пленки. При попадании их в область неплотной пленки наблюдались сложные вихревые движения. После этого в области воды, очищенной от пленки, наносился тальк, который дрейфовал аналогично бумажным маркерам и по достижении пленки выстраивался вдоль ее границы (рис. 2). Была проведена серия таких опытов. Далее видео разделялось на кадры с промежутком в 3 секунды. В программе Surfer на каждом кадре отмечались координаты движения

бумажных маркеров (рис. 3), по которым впоследствии строились траектории движения. Для определения скоростей, координаты бумажных маркеров вносились в программу Excel и переводились из пикселей в сантиметры по формуле: $x \text{ [см]} = x \text{ [пикс]} * 100/680$. Далее считывалось расстояние между координатами. Зная расстояние и время (3 секунды между кадрами) мы находим скорость движения по координате x по формуле $V_{xi} = \frac{x_i - x_{i-1}}{\Delta t}$ и скорость по координате y по формуле $V_{yi} = \frac{y_i - y_{i-1}}{\Delta t}$. Конечная скорость считалась по теореме Пифагора:

$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$. Скорость и координаты заносились в программу Surfer, которая строила цветовые поля скорости частичек (рис. 4).

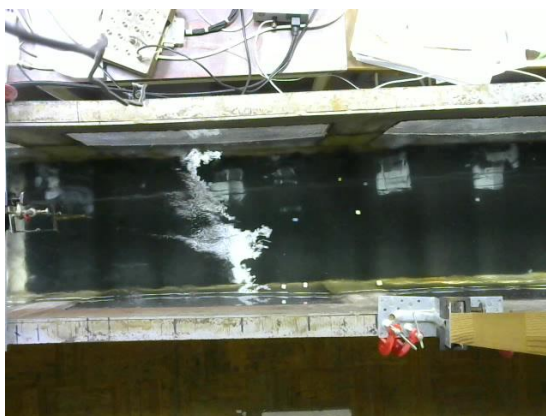


Рис. 2. Дрейф талька у границы пленки

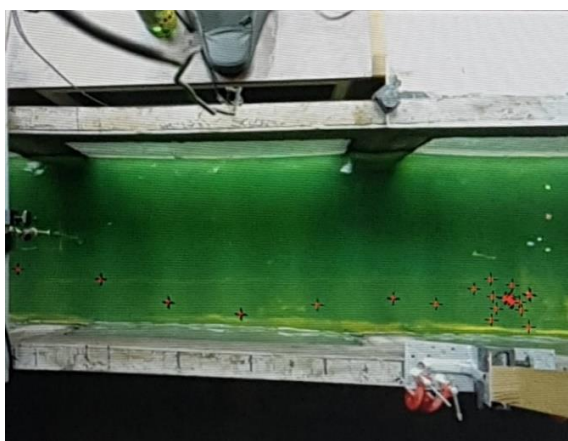


Рис. 3. Пример работы в Surfer: определение траектории частиц

Результат. На рисунке 4 представлено цветовое поле скоростей: там, где цвета теплые – область высокого значения скорости, а там, где холодные цвета – область низкого значения скорости. Получили, что по построенным цветовым полям наглядно можно определить границы пленки.

Для подтверждения того, что граница была определена правильно, был проведен опыт с тальком, описанный ранее. Наблюдалось, что тальк выстраивался вдоль области, покрытой ПАВ, не проникая дальше. Граница пленки, полученная с помощью талька, обозначена на рис. 4 синей линией. Цветные линии с точками показывают траектории движения бумажных маркеров. Границы, определенные разными способами, совпали.

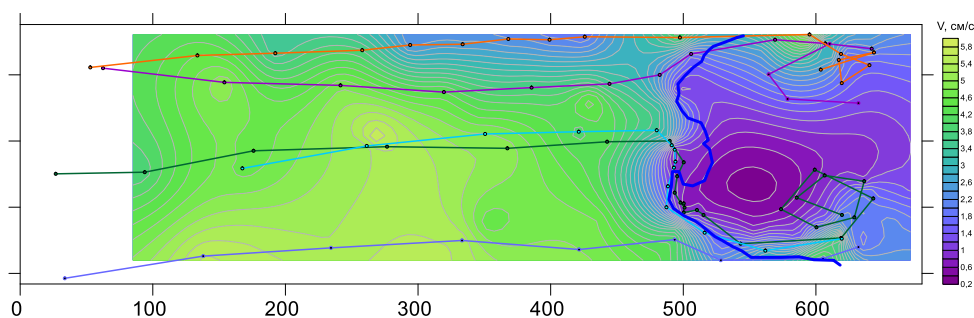


Рис. 4. Пример цветового поля скоростей. Амплитуда волн составляет 0.3 см

По полученным данным был найден размер области занятой пленкой при разных амплитудах (рис. 5). При увеличении амплитуды пленка поджимается сильнее, т.е. область занятая ей становится меньше.

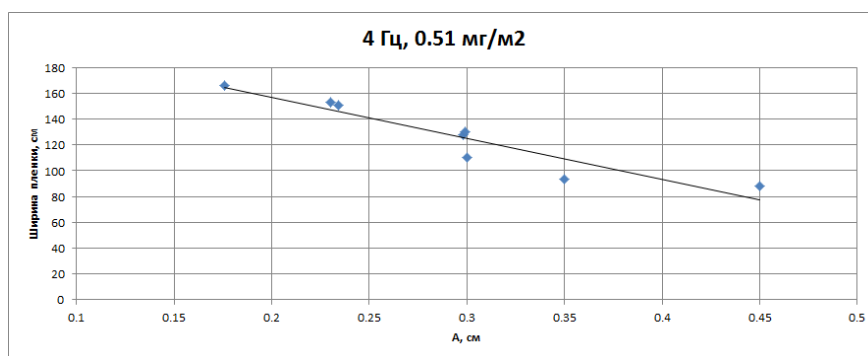


Рис. 5. График зависимость ширины пленки от амплитуды волн

Заключение

Были изучены теоретические основы понятия компрессии пленки: при разных амплитудах создаются течения, которые в разной степени поджимают пленку. Проведено сравнение двух методов определения границы пленки: по полю скоростей и по распределению талька. Оба метода показали одинаковый результат, значит, определение по полю скоростей может служить методом обнаружения пленочного разлива

Литература

1. Ермошкин А.В., Богатов Н.А., Капустин И.А., Ермаков С.А. Моделирование дрейфа пленочного загрязнения в акватории горьковского водохранилища «Проблемы экологии волжского бассейна» («ВОЛГА 2019») Труды 4-й всероссийской научной конференции. Выпуск 2, 2019.
2. Ермаков С.А., Лазарева Т.Н., Лецев Г.В., Капустин И.А., Сидоров Д.А. Лабораторное моделирование компрессии поверхностных пленок средними течениями, индуцированными поверхностными волнами // Материалы 17-й Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, ИКИ РАН, 2019. – 261 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Теоретическая физика: Т. VI. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 736 с.