

При малых значениях E/p (область I, рис. 2) однородный разряд в аммиачной смеси отличался от разряда в чистом азоте по величине энерговклада Q . На рис. 2 показаны полученные зависимости Q от значения E/p для двух различных смесей $\text{NH}_3 : \text{N}_2$ и для чистого азота. При увеличении E/p начиная с некоторого значения (E/p)₁ однородный разряд переходил в стримерный пробой, и энергия в разряд не вкладывалась. Причем если для чистого азота значение (E/p)₁ составляло ~ 25 В/(см·Тор), то в аммиачной смеси оно снижалось до ~ 22 В/(см·Тор) для смеси 1:60 и ~ 18 В/(см·Тор) для смеси 1:20.

При дальнейшем увеличении E/p картина разряда в смеси и в чистом азоте отличалась качественно. В азоте однородный разряд больше не наблюдался, а в смеси $\text{NH}_3 : \text{N}_2$ при значениях $E/p > (E/p)_2$ вновь возникал устойчивый однородный разряд вплоть до максимальных значений E/p , связанных с самопробоем смеси. Для этой области (область II, рис. 3), лежащей в диапазоне значений $E/p \sim 33-40$ В/(см·Тор) и не имеющей аналога при ЭИ-разряде в чистом азоте, характерны значительные энерговклады в смесь $\text{NH}_3 : \text{N}_2$ (~ 125 Дж/(л·атм)). При увеличении содержания NH_3 в смеси наблюдалось сужение области до значений $\sim 34-39$ В/(см·Тор).

Наблюдаемая картина однородного ЭИ-разряда в смеси $\text{NH}_3 : \text{N}_2$ позволяет предположить, что в двух описанных областях значений E/p энергия, вкладываемая в разряд, по-разному возбуждает смесь. В области I она, по-видимому, накачивает колебательно-вращательные уровни молекулы аммиака. Это в определенной степени подтверждается увеличением энерговклада в смесь $\text{NH}_3 : \text{N}_2$ по сравнению с энерговкладом в чистый азот. Значительное отличие основных параметров (E/p , Q) в области II однородного разряда позволяет говорить об ином механизме передачи энергии в смесь. Вопрос о том, какие именно энергетические уровни молекул возбуждаются при поглощении энергии аммиаком и азотом, является существенным при использовании однородного ЭИ-разряда для создания инверсной населенности в аммиаксодержащей среде. С этой точки зрения большой интерес представляют исследования спектров люминесценции и поглощения в обеих областях ЭИ-разряда, которые позволят оценить возможность получения лазерной генерации в аммиаксодержащей среде при ЭИ-разряде.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Васильев Б. И., Ястребков А. Б. // Изв. РАН, сер. физ. 1994. № 2. С. 202. [2] Васильев Б. И. и др. Препринт ФИАН № 115. М., 1979. [3] Науменко Н. А., Сучков А. Ф. Препринт ФИАН № 279. М., 1985. [4] Васильев Б. И. и др. // Приб. и техн. эксперимента. 1994. № 2. С. 122.

Поступила в редакцию
28.01.94

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1994. Т. 35, № 5

ГЕОФИЗИКА

УДК 551.466.31

К ВОПРОСУ О СПЕКТРЕ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ

В. А. Козлов, В. С. Лаворко, М. А. Носов, Н. К. Шелковников

(кафедра физики моря и вод суши)

Излагаются результаты исследования спектра ветрового волнения на основе данных, полученных во время рейса НИС «Московский университет» в Черном и Эгейском морях.

Измерения спектра ветрового волнения в диапазоне частот от 1,6 до 20 Гц [1] были проведены в Черном и Эгейском морях с борта НИС «Московский университет» в августе 1991 г.

В качестве датчика волн использовался однострунный волнограф, выполненный из нихромовой проволоки диаметром 0,4 мм. Датчик устанавливался на буйковой станции типа вехи Фруда общей длиной 6 м. Буйковая станция соединялась с бортом НИС кабельной линией длиной 100 м. Датчик включался в мостовую схему переменного тока (частота питания моста 10 кГц) на основе тензометрического усилителя, выходное напряжение которого было пропорционально длине части струны волнографа, нахо-

дящейся под водой. Сигнал с тензотрического усилителя подавался на трехоктавный спектроанализатор фирмы «Брюль и Кьер».

Параллельно с измерениями спектра ветрового волнения регистрировалась скорость ветра на горизонте 10 м при помощи стандартного анеморумбометра, установленного на мачте.

Значения скорости ветра осреднялись за время 120 с. Время осреднения спектра выбиралось максимально возможным для спектроанализатора и составляло 128 с. Измерения проводились при скоростях ветра от 3 до 14 м/с.

Частотный спектр ветровых волн, развивающихся при устойчивом ветре и в отсутствие волн зыби, что имело место и в нашем случае, имеет следующие характерные особенности [2]: спектральная плотность резко возрастает по мере увеличения частоты до частоты основного максимума и более медленно убывает при переходе к высоким частотам: по степенному закону $\omega^{-\alpha}$, где α принимает значения от 5 до 7/3 в зависимости от диапазона длин волн (гравитационный, гравитационно-капиллярный и т. д.), границы между которыми весьма условны.

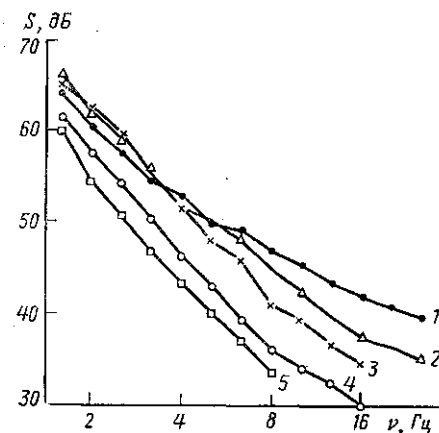
Спектры ветрового волнения, полученные нами (рисунок), хорошо аппроксимировались линейной зависимостью в двойном логарифмическом масштабе. Регрессионный анализ, проведенный по методу наименьших квадратов, позволил для каждого спектра вычислить значение коэффициента α . Коэффициент корреляции при этом составлял не менее 0,996. На основе полученных данных (для Черного моря — 112 спектров, для Эгейского — 172 спектра) была обнаружена зависимость коэффициента α от скорости ветра в указанном выше диапазоне частот, в первом приближении линейная. Зависимости, найденные с применением метода наименьших квадратов, имеют вид:

$$(\text{Черное море}) \alpha(v) = 4,8 - 0,076 v,$$

$$R_1 = 0,984,$$

$$(\text{Эгейское море}) \alpha(v) = 4,9 - 0,13 v,$$

$$R_2 = 0,979,$$



Примеры записей спектра ветрового волнения для различных скоростей ветра: $V=13,1$ (1); 10 (2); 7 (3), 5 (4) и $3,3$ м/с (5)

где v — скорость ветра на горизонте 10 м, $R_{1,2}$ — коэффициент корреляции.

Коэффициент α всегда уменьшается с возрастанием скорости ветра, что соответствует относительно большему спектральному мощностям в высокочастотной области при сильном ветре (большому количеству «ряби»). Интересно отметить, что в исследуемом диапазоне частот при малых скоростях ветра значение коэффициента α практически совпадает с $\alpha_0=5$ — значением, полученным Филлипсом из соображений размерности для равновесного участка спектра [3]. Кроме того, для Эгейского моря значение коэффициента α в среднем оказывается всегда меньшим, чем для Черного. Последнее объясняется, по-видимому, тем, что в Черном море измерения проводились вблизи устья р. Дунай, где поверхность воды существенно загрязнена по сравнению с центральной частью Эгейского моря.

Полученный результат является дополнительным свидетельством известного факта угнетения ветрового волнения так называемыми поверхностно-активными веществами [4].

Основываясь на полученных данных, можно попытаться разработать методику анализа чистоты поверхности воды по измерениям спектра ветрового волнения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код 94-0516028А).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Козлов В. А., Лаворко В. С., Носов М. А., Шелковников Н. К. Дсп. ВИНТИ № 665-В93. М., 1993. [2] Давидан И. Н., Лопатухин Л. И., Рожков В. А. Волнение в Мировом океане. Л., 1985. [3] Филлипс О. М. Динамика верхнего слоя океана. Л., 1980. [4] Лазарев А. А., Показеев К. В., Шелковников Н. К. Физико-химическая неоднородность поверхности океана и поверхностные волны. Ч. 1: Поверхностные загрязнения. М., 1987.

Поступила в редакцию
14.12.93