

ЛИТЕРАТУРА

1. J. S. Wehr, D. S. Warsaw. Classification and discussion of interference methods for measuring the propagation velocity of ultrasonic wave, 4-th Intern. Congr. on Acoust., Copenhagen, 1962, K 15.
2. Р. Труэлл, Ч. Эльбаум, Б. Чик. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. М., «Мир», 1972.
3. S. Haussühl. Die Ausbreitung elastischer Wellen in hexagonalem Lithiumjodat. Acustica, 1970, 23, 3, 165—169.
4. А. А. Абрамович, В. А. Шутилов, Т. Д. Левицкая, Б. И. Кидяров, П. Л. Мигницкий. Температурная зависимость поглощения ультразвука в кристаллах LiIO_3 . Физ. тв. тела, 1972, 14, 9, 2585—2590.
5. К. Н. Баранский. Возбуждение в кварце колебаний гиперзвуковых частот. Докл. АН СССР, 1957, 114, 3, 517—519.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова, физический факультет,
Научно-исследовательский физический институт

Поступила
10 апреля 1975 г.

УДК 534.231

О ЗАТУХАНИИ ЗВУКА В ОБЛАКАХ

В. И. Арабаджи, Е. С. Прохоров, И. И. Эштейн

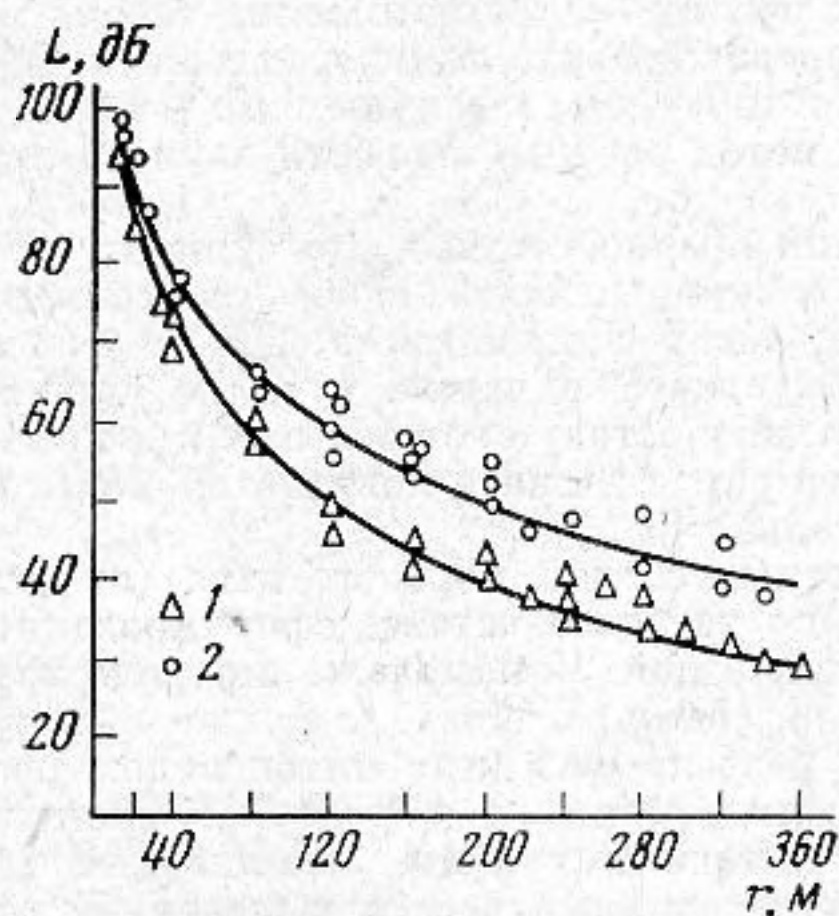
Если о затухании звука в сравнительно слабых туманах можно получить приблизительное представление по существующим публикациям [1], то для суждения о прохождении звуковых волн через туманы высокой плотности (с видимостью порядка 20—60 м) подобных оснований нет, систематических измерений затухания звука в таких туманах в естественных условиях не производилось. Поскольку такие измерения весьма полезны для выяснения эффективности действия внешней звуковой сигнализации водного транспорта в аварийной обстановке, мы попытались восполнить этот пробел. Чтобы повысить частоту погоды наличием тумана, мы обратились к условиям высокогорья и вместо условий плотного приземного тумана производили измерения в опустившейся до земли слоисто-кучевой облачности; по микроструктуре облачность и плотный приземный туман идентичны. Полигон для измерений был выбран на высоте около 2580 м над уровнем моря, вблизи метеостанции Бермамыт, примерно в 40 км к северу от Эльбруса, где в июле прохождение облаков по территории, прилежащей к метеостанции, наблюдается в среднем в течение 25 дней месяца.

В качестве источника звука использовался туманный горн, который на расстоянии 10 м давал силу звука около 104 дБ по общему уровню (максимум энергии в спектре горна приходится на частоты 0,5—1 кГц). Уровень силы звука измерялся шумомером фирмы «Брюель и Кьяр» № 2203 с октавным фильтром № 1613. Микрофон и рупор горна во время измерений располагались на высоте 1,5 м над земной поверхностью (рупор был ориентирован в сторону микрофона). Максимальная ошибка измерений не превышала 2 дБ. Измерения производились над ровной поверхностью высокогорного плато, где не было элементов рельефа, которые могли бы исказить монотонный и одинаковый по всем направлениям спад силы звука с расстоянием; отсутствие таких искажений было установлено экспериментально перед началом работы.

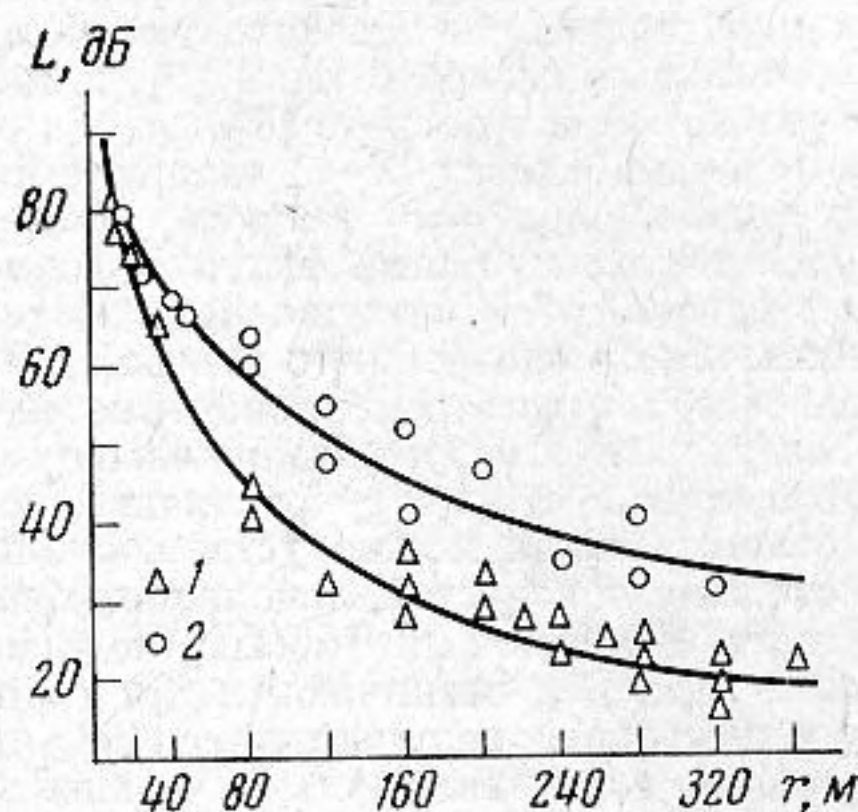
Для выявления влияния на затухание звука коллоидно-дисперсной облачной среды на фиг. 1 и 2 приведен полученный нами спад уровня силы звукового сигнала с расстоянием в облаках с видимостью около 40 м (наиболее часто встречавшееся значение видимости) и в чистом воздухе с видимостью около 10 км и влажностью 70—80%. Чтобы исключить влияние турбулентности, в обоих случаях измерения проводились при штиле или при ветре не более 1 м/сек. Из рассмотрения фиг. 1 и 2 можно видеть, что быстрее всего уровень звукового сигнала спадает на первых ста метрах от источника. В соответствии с классическими представлениями о механизме затухания звука в коллоидно-дисперсной среде, на частоте 4 кГц спад уровня сигнала с расстоянием происходит более резко, чем на частоте 1 кГц. Наиболее четко различие в затухании звука в облаке и в чистом воздухе проявляется на расстояниях в диапазоне 40—160 м, когда сигнал достаточно силен. При расстояниях больше 160 м разброс результатов увеличивается вследствие более значительного влияния помех. На основании представленного на фиг. 1 и 2 материала мы приходим к выводу, что в облаках с видимостью около 40 м уровень силы звукового сигнала на расстояниях более 100 м от источника средней интенсивности будет на 5—6 дБ для частоты 1 кГц и на 7—10 дБ для частоты 4 кГц ниже, чем в чистом воздухе с высокой влажностью и примерно той же температурой. При ветре 3 м/сек и более затухание звука опре-

деляется турбулентностью, влияние свойств коллоидно-дисперсной среды отступает в этом случае на второй план.

Когда плато вблизи метеостанции Бермамыт было окутано мощным облачным покровом, отражение звуковых лучей от верхней границы облачности на результатах измерений не сказывалось. Для получения более полных представлений о влиянии коллоидно-дисперсной среды на распространение звука мы разнообразили условия опытов. В одном из вариантов было осуществлено зондирование звуковым лучом образовавшегося в одной из ближайших долин (долине Хасаут) приземного тумана. Туман начинался от основания долины и оканчивался, не доходя 15–20 м до скальных вершин, отделявших долину от окружающей местности, и имел вертикальную про-



Фиг. 1. Спад уровня силы звукового сигнала (дБ) с расстоянием (м) в облаке (1) и в чистом воздухе (2) для частоты 1 кГц



Фиг. 2. Спад уровня силы звукового сигнала (дБ) с расстоянием (м) в облаке и в чистом воздухе для частоты 4 кГц. Обозначения те же, что и на фиг. 1

тяженность около 140 м. Источник звука и шумомер располагались внутри полосы тумана, примерно в средней ее части, на противоположных участках долины, на расстоянии 450 м друг от друга. Уровень силы звука измерялся в диапазоне частот 0,5–4 кГц при наличии в долине тумана и после того, как туман рассеивался. Оказалось, что на всех частотах в тумане уровень силы звука был несколько выше, чем в его отсутствие, что объясняется преломлением и фокусировкой звуковых лучей температурной инверсией при наклонном их падении на верхнюю границу тумана.

В опытах с плотным туманом в реверберационной камере Кнудсен [2] получил для затухания звука в диапазоне частот 0,2–2 кГц значение 16–27 дБ/км. С учетом сферического расхождения волнового фронта в те же пределы укладываются и наши результаты. Это говорит о том, что лабораторные измерения Кнудсена дали правильную оценку условиям распространения звука в тумане.

Проведенные измерения позволяют ориентировочно оценить влияние тумана на затухание звука и представляются нам полезными для оценки эффективности действия звуковой сигнализации судов в аварийных ситуациях, связанных с наличием тумана.

ЛИТЕРАТУРА

1. *H. Sieg.* Über die Schallausbreitung in Freien und ihre abhangingkeit von den Wetterbedingungen. *Electr. Nachr. Techn.*, 1940, 17, 9, 193.
2. *F. Wiener.* Sound Propagation over Ocean Waters in Fog. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 33, 1961, 9, 1200.

Горьковский институт инженеров
водного транспорта, кафедра физики

Поступила
4 сентября 1975 г.