

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ИНФРАЗВУКОВОГО ПОЛЕЙ, ВЫЗВАННЫХ КОЛЕБАНИЯМИ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

***Рыбнов Ю.С., Соловьев С.П., Харламов В.А***

Приводятся данные натурных измерений вариаций напряженности электрического поля и инфразвуковых колебаний давления в приземном слое атмосферы в районе озера Байкал. Сделано предположение, что данные возмущения вызваны микробарами, образованными стоячими волнами на границе «водная поверхность – тыловая часть циклона».

## **Введение**

В настоящее время известны работы по натурным измерениям вариаций электрического и инфразвукового полей вызванных природными источниками. Это циклоны, магнитные бури, солнечный терминатор, грозы и т.д.

Так в [Рыбнов, 2007] приведены экспериментальные данные синхронной регистрации вариации атмосферного давления и вертикальной компоненты электрического поля при прохождении грозовой конвективной ячейки. Показано, что низкочастотные изменения поля давления, связанные с излучением акустико-гравитационных волн (АГВ) грозовой конвективной ячейкой, могут привести к изменениям объемного электрического заряда в приземном слое атмосферы и как следствие к изменениям напряженности электрического поля.

Имеются работы, в которых показано, что прохождение солнечного терминатора сопровождается генерацией АГВ и вариациями напряженности электрического поля [Соловьев, 2008].

В настоящей работе приводятся некоторые результаты регистрации вариаций напряженности электрического поля и инфразвуковых колебаний атмосферного давления, вызванных колебаниями поверхности больших водных акваторий.

### Основная часть

Большие водные акватории, к которым можно отнести озеро Байкал, при наличии сильного ветра генерируют непрерывные звуковые волны, называемые микробаромами. Микробаромы, как источник инфразвука, впервые были обнаружены в 1939 г. Гутенбергом и Бениофом [Beniof, 1939; Gutenberg, 1941]. Они сделали вывод, что наблюдаемые колебания, представляющие звуковые волны квазисинусоидальной формы, связаны с высокими морскими волнами.

Механизм генерации микробаром сейчас хорошо изучен и связан с образованием стоячих волн на границе «водная поверхность – циклон» [Donn, 1967; Donn and Posmentier, 1967; Ерущенков и др., 1990; Ерущенков и др., 1979]. Такие колебания могут быть уподоблены поршню, совершающему возвратно-поступательные движения. Поднимаясь вверх, они образуют микробаромы, вниз – микросейсмы на дне (см. рис. 1). Колебания, вызванные стоячими волнами, когерентны (синфазны).

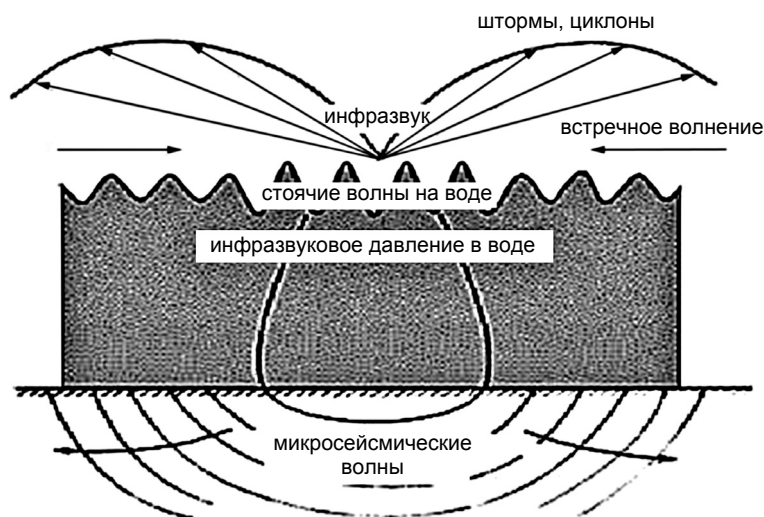


Рис. 1. Микробаромы и микросейсмы, возникающие от стоячих волн на воде

В противоположность относительно редко возникающим стоячим волнам под действием однонаправленного ветра практически всегда существуют бегущие волны. Но подобные волны, возникающие от однонаправленного ветра, не обладают свойством «накачивать» переменное давление на атмосферу и дно океана. Даже их удары о берег (прибой), создавая некогерентные (не синфазные) колебания земли, быстро затухают с расстоянием [Табулевич и др., 2002; Tabulevich, 1992]. Слабые микробаромы и микросейсмы от бегущих волн возникают локально. Их можно обнаружить на небольших (несколько десятков километров) расстояниях от берега.

При распространении микробаром значительную роль играет температурная и ветровая стратификация атмосферы. В работе [Бреховских, 1966] показано, что для регистрации микробаром в приземном слое атмосферы должны выполняться два условия:

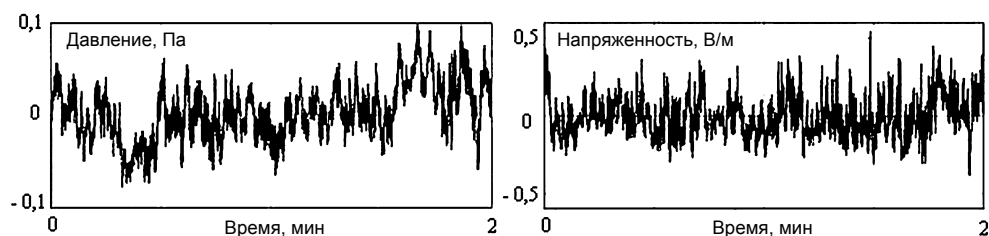
- направление ветра должно совпадать с направлением «источник-пункт наблюдения»;
- наличие положительного градиента температуры по высоте атмосферы.

При наличии температурных градиентов в атмосфере могут сформироваться акустические волноводы, и в этом случае инфразвуковые колебания также распространяются на очень большие расстояния (тысячи километров).

При прохождении атмосферных фронтов (циклонов) наблюдается нарастание скорости ветра с высотой [Simiu, 1984]. Отсюда следует, что если акустические колебания распространяются по ветру, то их траектория отклоняется к земле и они могут распространяться на расстояния до сотни километров.

Измерения вариаций электрических и инфразвуковых полей проводились стационарно на базе геофизической станции ИСЗФ «Торы» в августе 2009 г. Станция расположена в западном направлении на расстоянии 50 км от южной оконечности озера Байкал. Для регистрации электрического поля в приземном слое атмосферы был использован электростатический флюксметр [Соловьев, 2002]. Регистрация АГВ осуществлялась инфразвуковой станцией [Рыбнов, 2005].

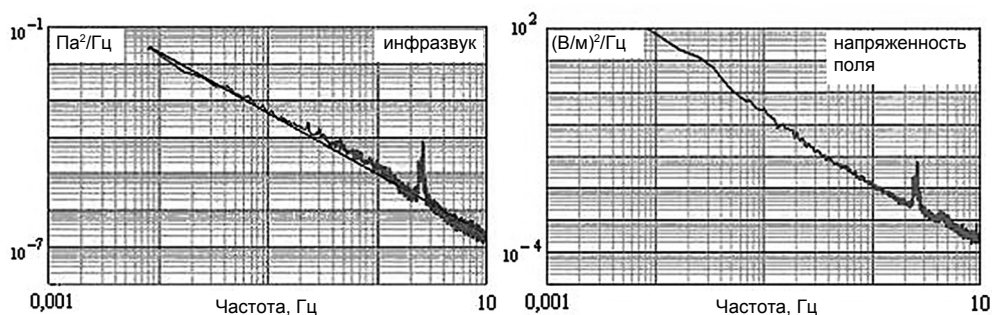
На рис. 2 приведены фрагменты записи инфразвуковых колебаний давления и вариаций напряженности электрического поля характерные для нормальных погодных условий (отсутствие атмосферных фронтов).



**Рис. 2.** Фрагменты записи инфразвуковых колебаний давления и вариаций напряженности электрического поля

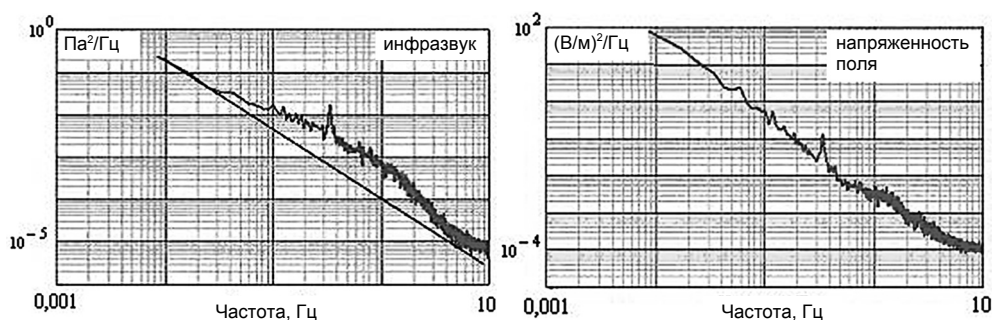
Проведенный анализ показал, что при этих условиях частотный спектр инфразвукового фона и вариаций напряженности электрического поля имеют вид  $S_f \approx f^{-5/3}$ .

Однако 05 августа 2009 г., когда над акваторией Байкала проходил циклон, в спектре появились характерные частоты соответствующие микробаромам (см. рис. 3). За все время прохождения циклона ветер дул со стороны озера Байкал.



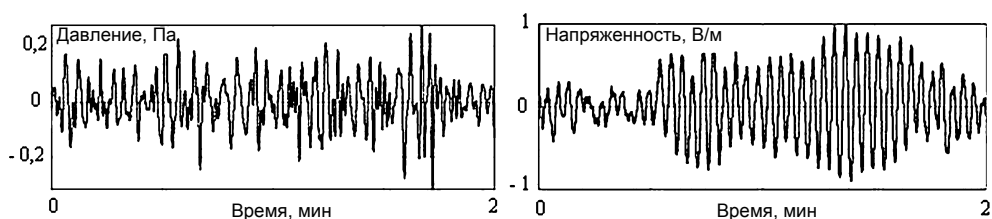
**Рис. 3.** Частотные спектры инфразвуковых колебаний давления и вариаций напряженности электрического поля в начале циклона

Продвижение циклона и усиление ветра смещало максимум спектра в область более низких частот при одновременном увеличении его интенсивности. Приблизительно за 2 часа пик плавно сместился до частот  $\approx 0,35 \div 0,4$  Гц (см. рис. 4).



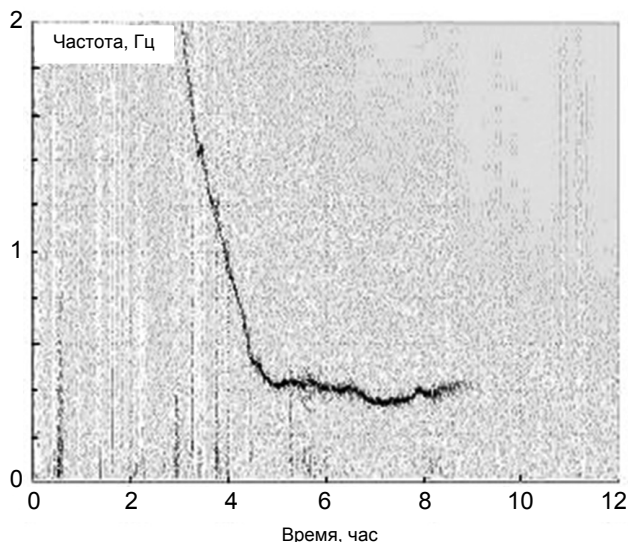
**Рис. 4.** Частотные спектры инфразвуковых колебаний давления и вариаций напряженности электрического поля при развитом волнении

Фрагменты записи инфразвуковых колебаний давления и вариаций напряженности электрического поля, вызванные микробаромами, приведены на рис. 5.



**Рис. 5.** Фрагменты записи инфразвуковых колебаний давления и вариаций напряженности электрического поля, вызванные микробаромами

Следующие 4 часа наблюдалось стабильное положение пика на этих частотах. После чего на спектрограммах пик больше не наблюдался. Весь процесс образования и развития микробаром хорошо виден на рис. 6.



**Рис. 6.** Процесс развития микробаром

Как видно из рис. 6, весь процесс можно разбить на два временных этапа.

**Первый этап.** Анализ данных метеостанции Иркутска показал, что с появлением микробаром ветер над водной поверхностью усилился до  $\approx 3$  м/с. Волны на Байкале начали приобретать упорядочный характер, их амплитуда и период значительно увеличились. Такие волны называются гравитационными. С этого момента волны могут излучать акустические колебания в атмосферу, что вызвало появление микробаром. В это же время в п.Торы ветер был слабый ( $\approx 0,5 \div 1$  м/с) и это позволило регистрировать микробаромы на фоне турбулентного шума.

**Второй этап.** Приблизительно через 2 часа скорость ветра стала максимальной (до  $\approx 4 \div 5$  м/с), что можно объяснить началом прохождения центральной части циклона над озером. Высота и период волн достигли своего максимума, а соответственно и микробаромы. Последующие 4 часа циклон пересекал озеро Байкал и ветер был устойчив. Амплитуда и частота микробаром за этот период были тоже устойчивы. После прохождения циклона ветер спал, что привело к быстрому затуханию колебаний водной поверхности и отсутствию микробаром.

### Заключение

Приведены результаты измерений инфразвуковых и электрических полей в районе геофизической станции ИСЗФ «Торы» в августе 2009 г., расположенной в западном направлении на расстоянии 50 км от южной оконечности озера Байкал во время прохождения циклона.

Анализ полученных данных показал, что прохождение циклона привело к возникновению микробаром над акваторией озера Байкал. Были зафиксированы синхронные вариации уровней инфразвука и напряженности электрического поля в частотном диапазоне микробаром и сопоставлены с метеоданными.

В рассматриваемом случае вариации поля давления, по-видимому, приводят к изменениям объемного электрического заряда в приземном слое атмосферы, и как следствие, к изменению напряженности электрического поля.

Установлено, что распространение микробаром в сторону геофизической станции определялось, в основном, направлением ветра.

*Исследования выполнены в рамках Программы № 16 Президиума РАН.*

### **Литература**

*Бреховских Л.М.* Звуковые волны под водой, обусловленные поверхностными волнами в океане // Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана, 1966, Т. 2, N. 9.

*Ерущенков А.И., Ярошенко М.И., Павлов О.В., Сорокин А.Г. Табулевич В.Н.* Инфразвуковые и штормовые микросейсмические колебания, возникающие при движении циклонов (тайфунов) над океанами // Известия АН СССР, Физика атмосферы и океана, М., Наука, 1990, т.26, No 6, 644–657.

*Ерущенков А.И., Пономарев Е.А., Сорокин А.Г.* О микробаромах в Восточной Сибири // Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца, М., «Наука», 1979, вып.46, 113–120.

*Рыбнов Ю.С., Соловьев С.П.* Исследование возмущений электрического и акустико-гравитационного полей при прохождении атмосферного фронта // Сб. трудов VI Российской конференции по атмосферному электричеству. Н.-Новгород, 2007. С. 233–234.

*Рыбнов Ю.С., Харламов В.А., Евменов В.Ф.* Инфразвуковая система регистрации акустико-гравитационных волн // В сб.: Динамические процессы в системе внутренних и внешних взаимодействующих геосфер. М.: ИДГ РАН. 2005. С. 29–31.

*Соловьев С.А., Барышев В.И., Вааг Л.Л. и др.* Аппаратурный комплекс для регистрации низкочастотных электрических и магнитных полей // В сб.: Нестационарные процессы в верхних и нижних оболочках земли. М.: ИДГ РАН. 2002. С. 609–621.

*Соловьев С.П., Рыбнов Ю.С.* Возмущения электрического поля и генерация акустико-гравитационных волн, обусловленные приближением атмосферного фронта // В сб. «Геофизика межгеосферных взаимодействий». ГЕОС, ИДГ РАН, 2008, с. 95–97.

*Табулевич В.Н., Черных Е.Н., Потапов В.А., Дреннова Н.Н.* Влияние штормовых вибраций на землетрясения // Природа, №10, 2002. С. 1–11.

*Benioff H., Gutenberg B.* Waves and currents recorded by electromagnetic barographs // Bull. Amer. Meteorol. Soc., 1939, V. 20, N.10. P. 421–426.

*Gutenberg B., Benioff H.* Atmospheric pressure waves near Pasadena // Trans. Amer. Geophys. Union, 1941, v. 22, pt. 2. P. 424–426.

*Donn W.* Natural infrasound of five second period // Nature, 1967, V. 215, N. 5109. P. 1469–1470.

*Donn W., Posmentier E.S.* Infrasound waves from the marine storm of April 7, 1966 // J. Geophys. Res. 1967, V. 72, N. 8. P. 2053–2061.

*Simiu E., Scanlan Robert H.* Wind Effects on Structures: An Introduction to Wind Engineering / John Wiley & Sons. New York / Chichester / Brisbane / Toronto. 1984. P. 384.

*Tabulevich V.N.* Microseismic and Infrasound Waves. Heidelberg, 1992.