

Б. И. Калита, В. П. Мезенцев, С. А. Сорока

Львівський центр Інституту космічних досліджень НАНУ—НКАУ, м. Львів

Наземно-космический активный акустический эксперимент «Геофон»

Розглядається можливість проведення наземно-космічного експерименту для виявлення змін в іоносферній плазмі та електромагнітних сигналах при акустичних збуреннях на поверхні Землі. Дано обґрунтування доцільності досліджень реакції іоносфери на керовану акустичну дію. Описано основні задачі та можливі експерименти. Пропонується проведення експериментів в регіонах з різною сейсмічною активністю, що може дати інформацію про підготовку землетрусу.

ОБОСНОВАНИЕ ИДЕИ ПРОЕКТА «ГЕОФОН». СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ АКТИВНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИОНОСФЕРЫ

Сущность идеи проекта состоит в синхронных орбитальных и наземных наблюдениях электромагнитных эффектов при акустическом воздействии на ионосферу. Основой проекта будет создание сверхмощного мобильного акустического излучателя в диапазоне 5—30 Гц. Наблюдения реакции нейтральной атмосферы и ионосферы на акустическое возмущение будут производиться в различных диапазонах электромагнитных волн: в оптическом диапазоне, в радиодиапазоне и в области геомагнитных пульсаций. Созданная в рамках проекта бортовая и наземная аппаратура позволит проводить регулярные исследования реакции ионосферы на акустические возмущения в различных географических районах Земли.

Первые исследования, направленные на изучение акустического канала связи приземных слоев атмосферы и ионосферы, шли путем использования научных и промышленных взрывов большой мощности. Наиболее известный в этом направлении проект МАССА (магнитосферно-атмосферные связи при сейсмо-акустических явлениях), проведенный в СССР.

Контрольно-измерительная аппаратура в районе взрыва на больших расстояниях зафиксировала изменения параметров ионосферы. В экспериментах по проекту МАССА проводились и орбитальные измерения на спутниках AUREOL-3 и «Космос-1809». На основе измерений были зафиксированы

низкочастотные электромагнитные излучения из возмущенных зон, альвеновские волны. Методами радиозондирования также были обнаружены разнообразные возмущения в ионосфере.

В особый раздел следует выделить исследования акустического канала литосфера-ионосфера на основе естественных источников звука. Большинство крупномасштабных естественных явлений сопровождается звуковыми излучениями большой интенсивности (землетрясения, цунами, извержения вулканов, ураганы и т. п.). Звуковые излучения этих явлений тоже используются для научных исследований реакции ионосферы на акустические возмущения.

Основными недостатками указанных выше исследований является их спорадичность и слабая контролируемость акустического воздействия. Недостаток взрывных методов заключается в необходимости проведения экспериментов в пустынной местности, вдали от измерительных радиофизических комплексов. Все это резко удорожает исследования и практически исключает возможность регулярных наблюдений.

В рамках проекта «Геофон» предлагается использовать параметрический метод генерации звука, который заключается в нелинейном взаимодействии двух высокочастотных акустических волн и образовании низкочастотной волны на разностной частоте. Волна разностной частоты будет распространяться с меньшим затуханием и на большие расстояния.

В отличие от взрывных методов генерации звука параметрический генератор допускает управляемость по частоте и работает длительное время. Мобильность излучателя позволит проводить экс-

перименты в комплексе с другими методами активного воздействия на ионосферу, например нагревным электромагнитным стендом.

До недавнего времени считалось, что заметные возмущения в ионосфере можно получить только при взрывах с тротиловым эквивалентом около 100 т. Однако эксперименты, проведенные в 1998—2002 гг. показали возможность возмущения ионосферы относительно небольшим по мощности акустическим излучателем [1]. Наличие ионосферных возмущений при вертикальном акустическом излучении проверялись радиофизическими методами и прямыми измерениями электромагнитных излучений из возмущенных зон. В частности, проводилась диагностика возмущенных зон над акустическим излучателем методами на просвет и отражение радиоволн декаметрового диапазона.

Проводились измерения вариаций магнитного и электрического полей в диапазоне 1—40 Гц при акустическом возмущении ионосферы. В ряде экспериментов наблюдалась реакция ионосферы на акустические возмущения.

Проведены также наблюдения оптического свечения неба после прохождения акустической волны. Регистрация свечения проводилась фотографическим методом с последующим фотометрированием фотопленки вдоль средней линии кадра. На рис. 1 приведены результаты экспериментальных исследований.

В ходе проведения предварительных экспериментов получены и другие эффекты, однако они нуждаются в более детальной проверке. Фактически открыта новая страница в активных исследованиях ионосферы. Результаты предварительных экспериментальных исследований служат основанием для осуществления проекта одновременных наземных и бортовых наблюдений электромагнитных эффектов при акустическом возмущении ионосферы.

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕАКЦИИ ИОНОСФЕРЫ НА УПРАВЛЯЕМЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Ионосфера Земли является тем связующим элементом, через который реализуется влияние космической энергии практически на все земные процессы. Одновременно ионосфера находится под влиянием высокоэнергетических процессов на Земле. Причем воздействие с одной стороны носит электромагнитный характер, а с другой — это механические и электромагнитные колебания.

В ионосферных процессах отображаются как литосферные, так и атмосферные высокоэнергетические явления. Таким образом, ионосферу можно рассматривать как естественный информационный элемент, в котором находят отображение разнообразные земные процессы. Однако использование «ионосферной информации» затруднено в связи с отсутствием сведений о параметрах откликов ионосферы на различные внешние воздействия.

Традиционные методы поиска ионосферных прогностических признаков землетрясений базировались на пассивных измерениях множества геофизических параметров откликов на землетрясения. Не вдаваясь в детали этих методов, их можно представить в виде схемы:

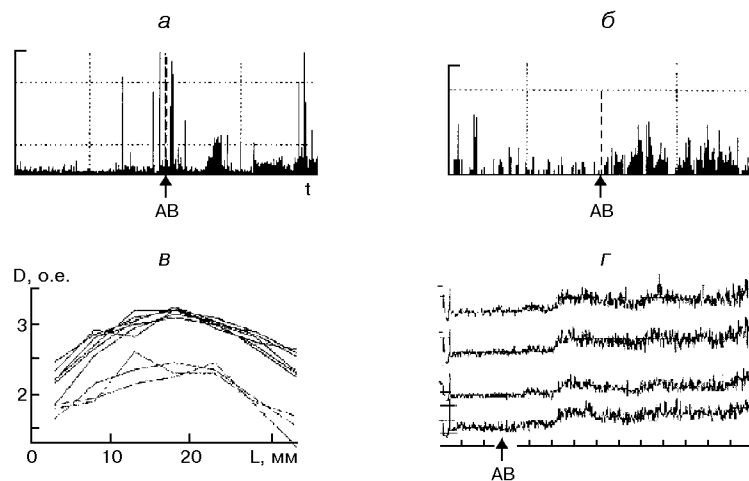
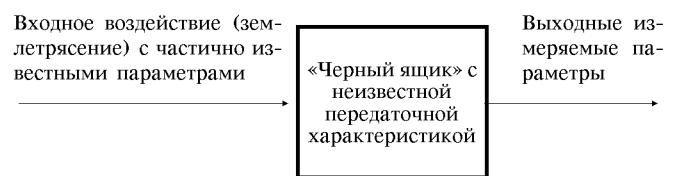


Рис. 1. Электромагнитные эффекты акустических возмущений в атмосфере

Задача заключается в прогнозировании входного воздействия по измеренным выходным параметрам геофизических полей. Даже в идеализированной математической постановке такая задача не решается.

В рамках проекта «Геофон» будут исследованы электромагнитные отклики ионосферы на полностью известные наземные акустические возмущения. Эти исследования представляют интерес для выяснения роли акустических колебаний в атмосфере в общей цепи причинно-следственных связей процессов в нейтральной атмосфере, ионосфере и космической плазме. Полученная измерительная информация позволит провести комплексный анализ и выявить взаимосвязи между процессами в различных слоях атмосферы и космической плазме. Возможность регулярного наблюдения ионосферных откликов на акустическое возмущение позволит отслеживать их динамику и зависимость от других параметров.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТА И ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Основные задачи проекта следующие.

1. Поиск стабильных информационных признаков в электромагнитных откликах на акустическое воздействие в тропосфере.

2. Обоснование параметров системы спутникового мониторинга процессов на Земле, которые сопровождаются интенсивным акустическим излучением.

3. Исследование зависимости электромагнитных откликов на наземное акустическое воздействие от сезонных и геофизических факторов.

4. Исследование влияния акустического воздействия на тропосферные процессы.

В рамках проекта «Геофон» будут проведены такие эксперименты.

1. Проведение измерений электромагнитных откликов на наземное акустическое воздействие в регионах с различной сейсмичностью.

2. Проведение синхронных наземных и орбитальных измерений электромагнитных откликов на наземное акустическое возмущение.

3. Проведение измерений электромагнитных откликов при одновременном акустическом и электромагнитном (нагревным стендом) воздействии на ионосферу.

Проведение синхронных бортовых и наземных наблюдений позволит повысить надежность обнаружения эффектов акустического возмущения и оценить влияние различных факторов (сезонные изменения, солнечная активность, геомагнитные возмущения и др.).

Часть экспериментов может выполняться с участием только наземных средств. В частности, исследования связи геомагнитных вариаций с акусто-

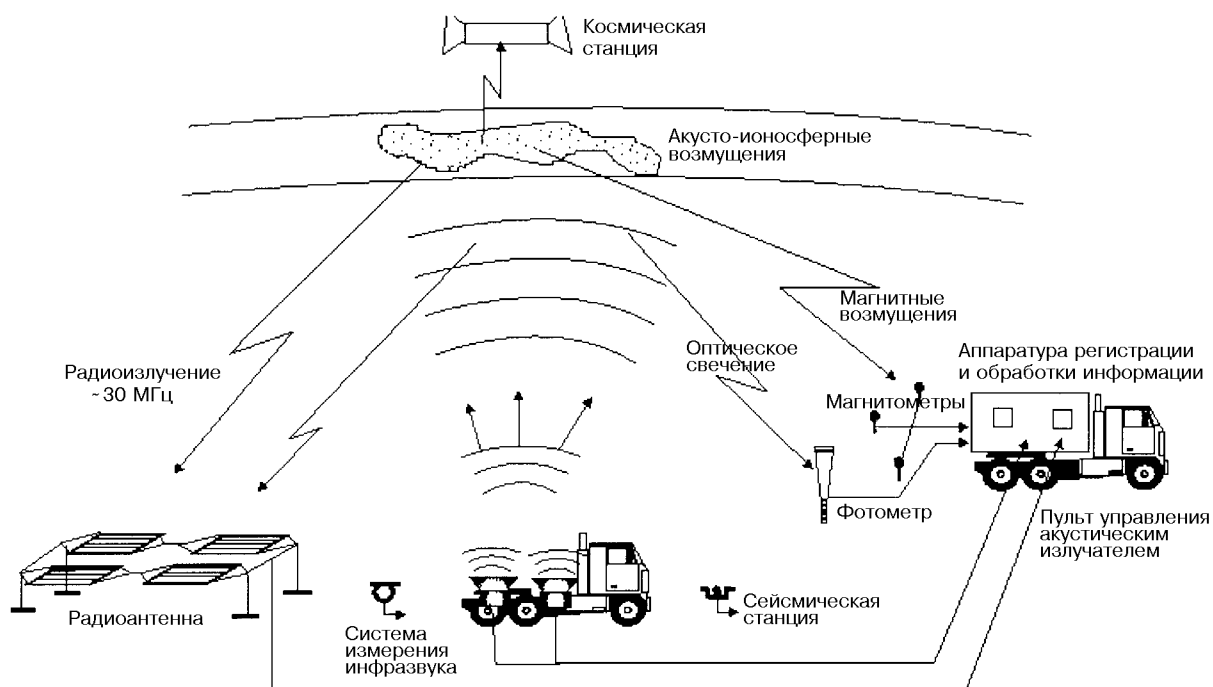


Рис. 2. Общая схема наземно-космического эксперимента «Геофон» и состав наземных измерительных систем

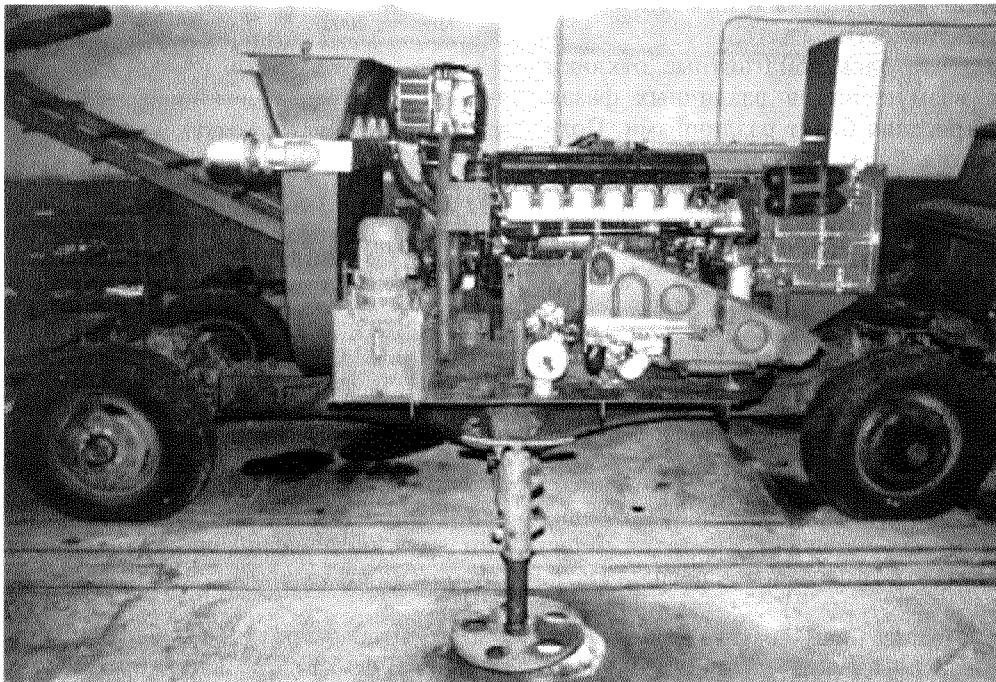


Рис. 3. Мобильный акустический излучатель для исследования акустического канала литосферно-ионосферных связей

электрическими эффектами в нейтральной атмосфере.

СОСТАВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Наземное оборудование. Общая схема наземного оборудования показана на рис. 2. На схеме показаны только основные элементы без оборудования общего обеспечения.

Наземное оборудование будет содержать:

- Мобильный акустический излучатель.
- Комплекс измерения сигналов магнитных вариаций.
- Фотометр.
- Систему измерения радишумов в диапазоне 30 МГц.
- Систему измерения инфразвука.
- Сейсмическую станцию.

Первые эксперименты предполагается проводить в точке расположения Западного регионального центра специального контроля НКАУ, где уже имеется основное оборудование.

Бортовое оборудование. Для удешевления проекта предполагается орбитальные измерения проводить путем использования измерительных систем,

которые будут разработаны в рамках украинско-российского эксперимента «Обстановка». Можно использовать и измерительные системы французского спутника DEMETER при соответствующих договоренностях с французской стороной.

Всю работу можно разбить на три этапа.

На первом этапе проводится разработка мобильного акустического излучателя и его экспериментальные испытания. Одновременно проводятся исследования электромагнитных сигналов-откликов, измеренных наземными измерительными системами. Эти работы уже проводятся. На рис. 3 показан мобильный акустический излучатель. Результаты первых экспериментальных исследований представлены в работе [2].

На втором этапе проводятся: 1) разработка и изготовление рабочего образца акустического излучателя; 2) установка излучателя в заданную точку проведения эксперимента; 3) синхронные орбитальные и наземные измерения электромагнитных сигналов при акустическом возмущении атмосферы. На этом же этапе проводится сравнение наземных и орбитальных измерений.

На третьем этапе работы акустический излучатель транспортируется в сейсмоактивный регион, и проводятся исследования электромагнитных откли-

ков на акустические возмущения и их зависимость от сейсмической активности.

Предполагается, что электромагнитные отклики на акустические возмущения в различных фазах подготовки землетрясения будут различными. Полученная информация будет использована для создания нового метода сейсмопрогноза. Фактически предлагается создание активного метода сейсмопрогноза.

1. Кошовий В. В., Сорока С. О. Акустичне збурення іоносферної плазми наземним випромінювачем // Космічна наука і технологія.—1998.—4, № 4.—С. 16—26.
2. Kalita B. I., Mezensev V. P., Soroka S. A. Electromagnetic responses during acoustic disturbance in atmosphere // III International Workshop on Magnetic, Electric and Elektro-Mag-

netic Methods in Seismology and Volcanology (MEEMSV-2002, Moscow, 2002).

THE GROUND-SPACE ACTIVE ACOUSTIC EXPERIMENT GEOFON

B. I. Kalita, V. P. Mezentsev, S. A. Soroka

We discuss the possibility to carry out a ground-space experiment for the detection of variations in ionospheric plasma and electromagnetic responses during ground acoustic disturbances. The advisability of the investigation of the ionosphere response to controlled acoustic action is justified. The main problems and possible experiments are described. We propose to perform the experiments in regions with different seismic activity, which can provide the data on the preparation of earthquakes.