

УДК 551.510.522: 551.396

Н.Г. МАКСИМОВА

**ТОЧЕЧНЫЕ АНГЕЛ - ЭХО В АКУСТИКЕ.
АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Изучение тонкой структуры тропосферы уже давно привлекает внимание исследователей. Знание пространственно-временных особенностей тропосферы помогает понять происходящие в ней физические процессы и имеет важное прикладное значение (при прогнозировании загрязнения атмосферы, для обеспечения устойчивой радиосвязи, для повышения надежности при взлете и посадке летательных аппаратов и т.д).

Наблюдение за этими процессами производится контактными (с помощью датчиков метеовеличин, установленных на метеомачтах, шарпилотах и т.п.), и дистанционными методами (радиолокационными, акустическими, с помощью лазера и т.п.).

Одним из источников информации о неоднородностях тропосферы являются наблюдаемые на индикаторах радиолокационных систем различных размеров и форм отражения от этих неоднородностей, получившие название "ангел-эхо". Радиолокационный метод зондирования позволяет получать информацию в реальном времени в пределах всей тропосферы, но при исследовании нижних слоев тропосферы — атмосферного пограничного слоя (АПС) — этот метод бессилен. Это обусловлено тем, что протяженность "мертвой зоны" и разрешающая способность радиолокаторов соизмеримы со всем пограничным слоем.

Получить информацию о процессах, происходящих в столь важном для жизни человека слое, позволяют акустические методы. Связано это с тем, что звуковые волны взаимодействуют с атмосферой значительно сильнее, чем электромагнитные. Это дает возможность уверенно наблюдать ангел-эхо на регистрирующих устройствах недорогих и сравнительно простых акустических локаторов с небольшими антеннами. Важным достоинством акустических локаторов является также высокое пространственное разрешение (порядка единиц метров по вертикали) и малых значений "мертвой зоны". Следует отметить и то, что аппаратура, использующая звуковое излучение, не подвержена влиянию низкой облачности, туманов, запыленности атмосферы. Сама эта аппаратура не создает помех радиосвязи, а при использовании в аэропортах — и помех летательным аппаратам (в отличие от контактных средств наблюдения).

Сказанное позволяет заключить, что при исследовании пограничного слоя атмосферы безусловное предпочтение следует отдать акустическим локаторам (сонарам). На регистрирующих устройствах их, в частности, можно наблюдать точечные отражения, по форме напоминающие радиолокационные точечные ангел-эхо.

Исследования акустических точечных ангел-эхо проводились нами в течение ряда лет в прибрежной зоне (в районе г. Одессы, с 1989 по 1993 г.) [1], в Харькове и Харьковской области (1993—1995 гг.) и в Подмоскowie (с 1995 года) во время экспедиций, продолжавшихся по 2-3 недели несколько раз в году в различные сезоны. Для этих целей использовался модернизированный нами моностатический акустический локатор ИРЭ РАН. Последний был доработан с тем, чтобы повысить дальность его действия и для определения направления движения

изучаемых неоднородностей. Основные характеристики этого содара даны в таблице, а схема его приведена на рис.1.

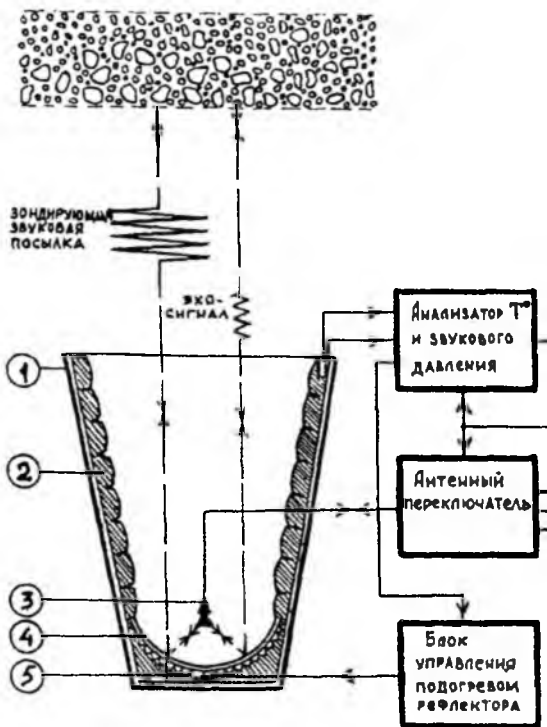
Технические характеристики содара

Технический параметр	Значение
Рабочая длины волны	5 - 20 см
Излучаемая акустическая мощность	10 Вт
Длительность зондирующего импульса	0,05; 0,1; 0,2 с
Период следования звуковых посылок	1 - 7 с
Минимальное разрешение по высоте	8,5 м
Минимальная мощность эхо-сигнала	1,2 10^{16} Вт
Максимальная расчетная высота эхо-сигнала	1500 м

Синхронизация всех процессов в акустическом локаторе осуществляется с помощью формирователя опорных частот и синхронизатора. Вырабатываемые передатчиком зондирующие звуковые посылки через антенный переключатель поступают на электроакустический преобразователь 3, который расположен в фокусе параболической антенны 4, установленной на крыше автофургона. Антенна защищена от шумового влияния окружающей среды блендой 1, покрытой изнутри поглощающим материалом 2. Эхо-сигнал, принятый антенной, с антенного переключателя после усиления и фильтрации поступает на вход блока амплитудно-частотного преобразования. Последний формирует сигналы записи, поступающие на регистратор. Регистратор включает самописец уровня и факсимильное регистрирующее устройство (или компьютер). Самописец уровня фиксирует уровень мощности принятого сигнала в координатах амплитуда-высота. Модернизированный факсимильный регистратор позволяет получить изображение как в обычных координатах амплитуда-время-высота, так и в координатах частота-время-высота в виде яркостных градаций.

Применение ЭВМ с цветным дисплеем и принтером для анализа и регистрации результатов акустического зондирования увеличивает объем получаемой информации, что дает возможность более полной оценки происходящих в тропосфере процессов.

Малые массогабаритные параметры антенны (1-1,5) м и содара в целом делают это устройство мобильным. Это позволило провести эксперименты в разных регионах. Благодаря тому, что содар был дооснащен анализатором температуры и звукового давления для контроля степени загрязнения зеркала антенны или ее оледенения, а также



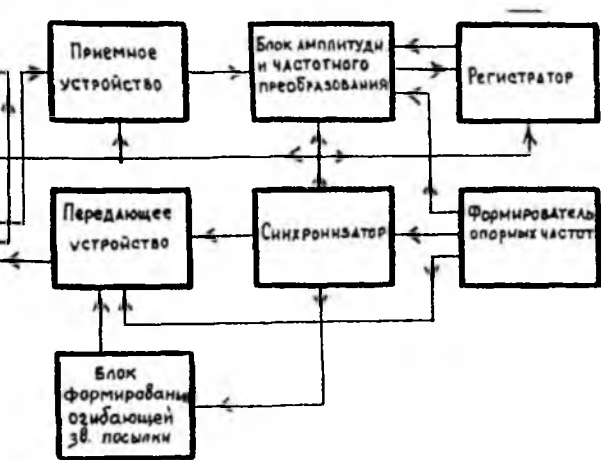


Рис. 1

блоком управления подогревом рефлектора для удаления льда и снега, исследования можно было проводить практически в любую погоду.

Во время экспедиций содар работал почти непрерывно.

Типичные эхограммы с точечными ангел-эхо изображены на рис.2.

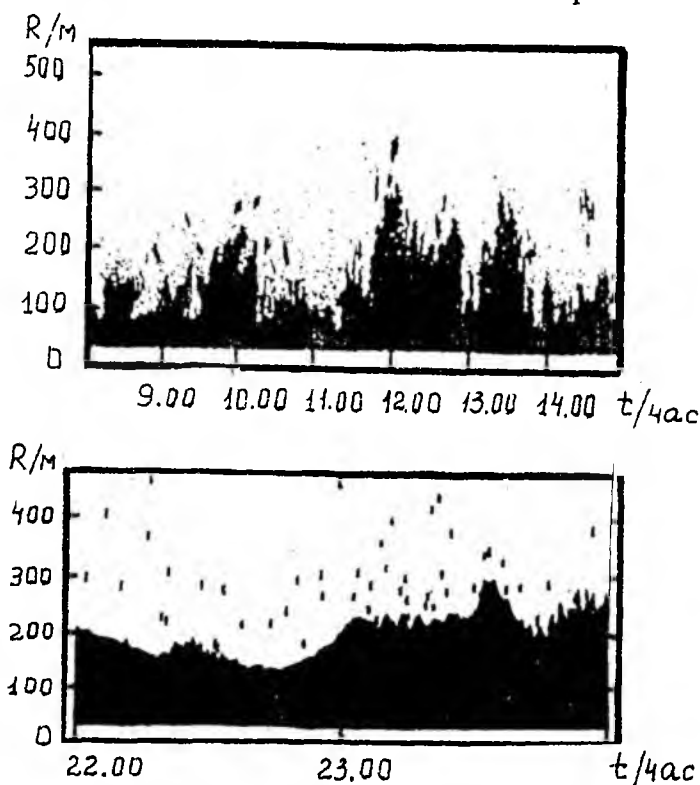


Рис.2

Для выяснения возможного источника таких отражений проводился постоянный контроль в "зенитном направлении" видимых отражателей (скопления насекомых, птиц, дымовых струй и т.п.). Он осуществлялся с помощью наземного импульсного светового измерителя высоты нижней границы облаков ИВО-1М. Записи, которые соответствовали наличию видимых отражателей, далее не рассматривались.

Точечные отражения от "ясного неба" систематизировались по частоте, времени появления, размерам, форме и по степени концентрации

их в поле эхограмм, а также по величине и форме отраженного сигнала. Основное внимание уделялось точечным антел-эхо, которые регистрировались на самописце уровня в виде импульсов, превышающих по амплитуде другие отраженные сигналы в несколько раз. Отличаются эти импульсы также крутыми фронтами и срезами.

Эхограммы с такими сигналами несут в себе информацию о пространственно-временной структуре АПС и, в том числе, о возникающих при тех или иных условиях дискретных неоднородностях. Появление этих неоднородностей естественно было связать со специфическими физическими процессами, происходящими в тропосфере.

Важнейшей характеристикой физических процессов, происходящих в тропосфере, является распределение по высоте и характер изменения во времени основных метеовеличин — температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, атмосферного давления.

Основную роль в изучении поля распределения температур и ветра во время одесских экспедиций выполняла разработанная в ХТУРЭ при нашем участии система радиоакустического зондирования (РАЗ) дециметрового диапазона [1—3]. При радиоакустическом зондировании атмосферы тоже используется звуковое зондирующее излучение, однако, в этом случае регистрируется и анализируется не рассеянный атмосферными неоднородностями акустический сигнал, а электромагнитные волны, отраженные от созданных звуковыми посылками искусственных неоднородностей.

Во время экспериментов с помощью системы РАЗ каждый час измерялись амплитуда и доплеровская частота радиоволн, отраженных от искусственных неоднородностей на фиксированных заданных высотах. По измеренным данным вычислялись дискретные значения температуры воздуха, скорости и направления ветра, по которым строились профили этих величин. На основании массивов высотных профилей воссоздавались пространственно-временные поля скорости ветра и температуры в диапазоне высот от 20 до 300 м.

Помимо этого, при анализе результатов экспериментов использовалась информация о температуре и влажности воздуха, скорости и направлении ветра по данным радиозондирования, осуществлявшегося 4 раза в сутки в 7 км от полигона на высотах, превышающих достижимые системой РАЗ. Учитывались также приземные значения метеоданных, полученных с помощью стандартных метеоприборов (ветромер 8100-М; анемо-румбомер М-63МР; анемометр М-92; термограф М-16АС; термометр ТМ-3; психрометр МВ-4М; гигрограф М-21АС; датчик давления ДДУ; барометр-анероид М-67), степень облачности, а также данные гидрометеобсерватории о прохождении фронтов.

Проведенное по большому числу эхограмм сопоставление факсимильных записей с точечными ангел-эхо со всей совокупностью данных о метеорологической и синоптической обстановке позволило сформулировать определенные соображения о природе дискретных неоднородностей, ответственных за появление точечных ангел-эхо. Детальное обсуждение этих вопросов — предмет следующей нашей статьи.

Список литературы: 1. Ульянов Ю.Н., Максимова Н.Г. Обнаружение объемных неоднородностей и влажности воздуха в нижней части тропосферы совместным акустическим и радиоакустическим зондированием // Тез. докл. XVI Всесоюз. конф. по распространению радиоволн, Харьков, 1990. 2. Ульянов Ю.Н., Панченко А.Ю., Максимова Н.Г., Прошкин Е.Г., Ветров В.И. Результаты совмещенного акустического и радиоакустического зондирования атмосферы на границе суша - море. Препринт ИФА АН СССР "Исследования пограничного слоя атмосферы над сушей и океаном акустическими методами. Ч.1. 1990. 3. Ульянов Ю.Н., Прошкин Е.Г., Максимова Н.Г. и др. Мобильная радиоакустическая система для определения основных метеорологических величин // Информационный листок. Харьков. 1986. 2 с.

Поступила в редколлегию 10.02.97