

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

В. Е. Зуев, Н. П. Красненко, В. А. Федоров,
М. Г. Фурсов, Акустическое зондирование пограничного слоя атмосферы,
Докл. АН СССР, 1981, том 257, номер 5, 1092–1096

<https://www.mathnet.ru/dan44384>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.90

24 мая 2025 г., 23:11:18



процессом должна быть охвачена вдольбереговая зона на северо-восток и юго-запад (относительно источника) протяженностью в 1200 км, что фактически и происходило. Таким образом, отчетливо проявляется эффект захвата краевой областью океана волновой энергии, пришедшей от сейсмического источника (⁵). Этот эффект качественно подтверждается расчетами коэффициента усиления нормально падающей из открытого океана монохроматической волны в зависимости от ее частоты (рис. 3б) (⁶). Он был выполнен для профиля, аппроксимирующего основные особенности реальной топографии дна на шельфе в районе Малой Курильской гряды. Из рис. 3б видно, что существенное усиление должны испытывать волны с частотами 1; 2,4 и 4 цикл · ч⁻¹; это хорошо согласуется с наблюдениями. Ширина резонансных пиков характеризует добротность "шельфового резонатора". Наблюдаемые на записи реверберации можно связать с последовательными отражениями волны, вышедшей из очага цунами, от береговой черты и кромки шельфа. Результирующее возмущение представляет собой захваченную волну.

Первая запись цунами в открытом океане со всей очевидностью подтверждает способность гидрофизического метода оперативного прогноза цунами полностью исключить ошибки соответствующей службы. Вместе с тем она показывает необходимость более глубокого изучения резонансных свойств шельфа и их влияния на цунами с вычислением коэффициентов трансформации (усиления) волны от донного мареографа к представляющим практический интерес точкам побережья.

Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт
Дальневосточного научного центра
Академии наук СССР, Южно-Сахалинск
Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Академии наук СССР, Москва

Поступило
13 VIII 1980

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С.Л. Соловьев, Тр. Сах. компл. н.-и. ин-та, в. 29, 7 (1972). ² С.Л. Соловьев, В кн.: Проблема цунами, М., 1968, стр. 7. ³ В.М. Жак, С.Л. Соловьев, ДАН, т. 198, № 4 (1971).
⁴ А.С. Алексеев, В.К. Гусяков и др., В кн.: Изучение цунами в открытом океане, М., 1978, стр. 5.
⁵ В.В. Ефимов, Е.А. Куликов и др., Изв. АН СССР, Физ. атм. и океана, т. 14, № 3 (1978).
⁶ В.М. Жак, Е.А. Куликов, Метеорол. и гидрол., № 6 (1978).

УДК 551.501.7

ГЕОФИЗИКА

Член-корреспондент АН СССР В.Е. ЗУЕВ, Н.П. КРАСНЕНКО,
В.А. ФЕДОРОВ, М.Г. ФУРСОВ

АКУСТИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

В последние годы для исследования пограничного слоя атмосферы наряду с применением традиционных методов измерения метеопараметров и методов зондирования с использованием электромагнитных волн получили бурное развитие и применение методы дистанционного зондирования с использованием звуковых волн (методы акустического зондирования) (¹). Сущность этих методов заключается в следующем: в атмосферу направленно излучается звуковой сигнал, который распространяясь в ней, рассеивается неоднородностями и регистрируется приемником,

где из него извлекается информация о параметрах атмосферы. Наибольший успех здесь достигнут при исследовании структуры и динамики пограничного слоя атмосферы: идентификации конвективного режима, стабильной стратификации, а также при измерении профиля скорости и направления ветра.

Методы акустического зондирования основаны на эффектах сильного взаимодействия звукового излучения с атмосферой. Принимаемый звуковой сигнал обусловлен рассеянием, происходящим на неоднородностях температуры и скорости ветра, и сечение рассеяния на этих неоднородностях для звуковых волн примерно в миллион раз больше, чем для электромагнитных. Для колмогоровского спектра турбулентности сечение рассеяния имеет вид (2)

$$(1) \quad \sigma(\theta) = 0,055 \lambda^{-1/3} \cos^2 \theta \left[\frac{C_v^2}{c^2} \cos^2 \frac{\theta}{2} + 0,13 \frac{C_T^2}{T^2} \right] \left(\sin \frac{\theta}{2} \right)^{-11/3}$$

где λ — длина волны, θ — угол рассеяния, C_T^2 и C_v^2 — структурные постоянные флуктуаций температуры и скорости ветра, c — скорость звука, T — абсолютная температура рассеивающего объема.

Таким образом, акустический локалокатор как средство, реализующее метод, может обнаруживать области температурных и скоростных флуктуаций в атмосфере. При моностатической схеме зондирования с совмещенными передатчиком и приемником ($\theta = \pi$) уравнение акустической локалки, связывающее параметры локалокатора с параметрами среды, имеет вид

$$(2) \quad P_r = P_t \sigma(\pi) L \frac{A_{эфф}}{R^2} \frac{c\tau}{2},$$

где P_t и P_r — излучаемая и принимаемая мощность сигнала соответственно, $A_{эфф}$ — эффективная площадь приемной антенны, L — коэффициент ослабления звука, $\sigma(\pi) = 0,008 \lambda^{-1/3} C_T^2/T^2$ — сечение обратного рассеяния звука. Отсюда следует, что при моностатическом зондировании амплитуда принятого сигнала при соответствующей калибровке локалокатора по излучаемой мощности и ослаблению несет информацию о величине флуктуаций температуры в рассеивающем объеме ($P_r \sim C_T^2$). Осуществляя длительное время регистрацию амплитуды сигнала, можно контролировать термическую структуру пограничного слоя атмосферы и следить за ее динамикой.

Метод измерения скорости ветра основан на измерении доплеровского сдвига частоты сигнала, рассеянного на движущихся под действием ветра неоднородностях атмосферы. Зондируя в трех направлениях, получаем полный вектор скорости ветра, а применяя стробирование по высоте, — его профиль.

Созданный в ИОА СО АН СССР моностатический акустический локалокатор (3, 4) предназначен для контроля структуры и динамики атмосферных процессов и измерения профиля радиальной составляющей скорости ветра. Локалокатор включает приемопередающую аппаратуру с параболической антенной диаметром 1,5 м, помещенной для защиты от окружающих шумов в звукопоглощающий конус высотой 2 м, а также систему обработки и регистрации данных (5), созданную на базе микропроцессоров и микроЭВМ "Электроника-60" и позволяющую в реальном времени определять профиль скорости ветра. Калибровка приемного тракта локалокатора гармоническим сигналом со случайной фазой показала, что абсолютная ошибка измерения растет с увеличением скорости ветра, но все же в диапазоне скоростей до 10 м/с среднеквадратичная ошибка не превышает 0,3 м/с. Дальность работы описанного акустического локалокатора на основной рабочей частоте 1 кГц до 1 км, пространственное разрешение 10 м, временное 6 с.

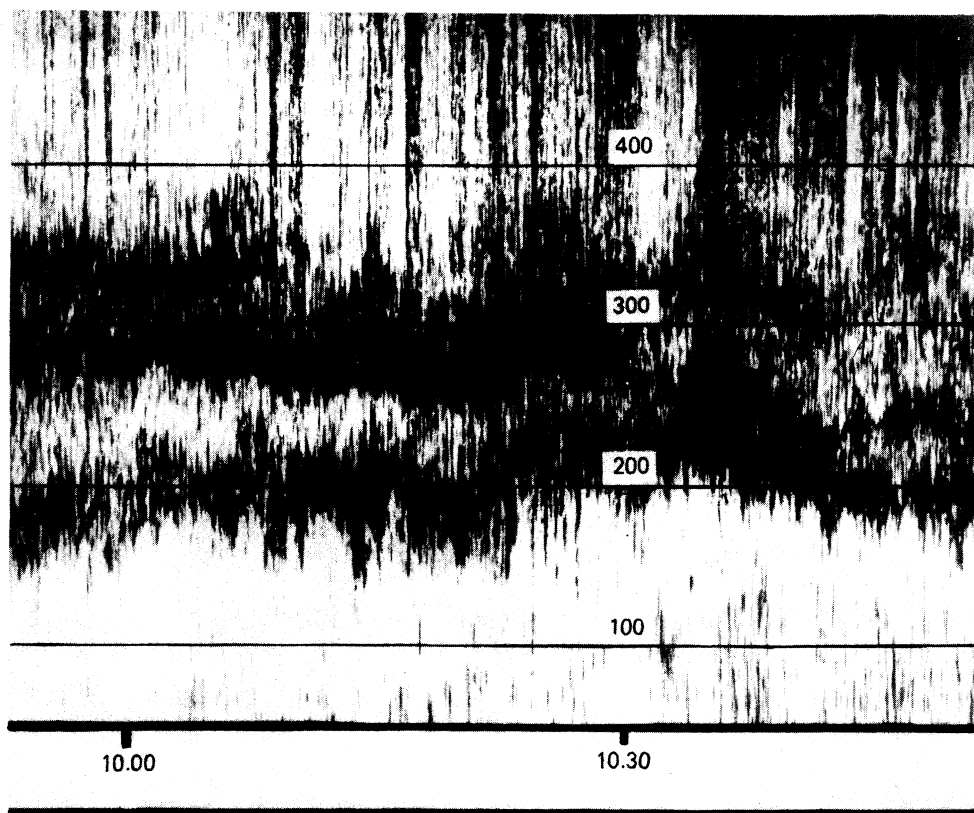


Рис. 1. Запись отраженного звукового сигнала: ноябрь 1979 г., степная местность, по вертикали отложена высота зондирования в метрах, по горизонтали – местное время (ч. мин)

В качестве регистратора сигнала применен аппарат факсимильной записи типа "ФАК-П". Степень почернения электрохимической бумаги, являющейся носителем информации в аппарате, пропорциональна амплитуде принятого сигнала и, как следует из (2), при соответствующей калибровке – величине температурных флуктуаций. Факсимильная регистрация сигнала, принятого локатором, позволяет в реальном масштабе времени наглядно проследить процессы формирования, разрушения и перемещения температурных неоднородностей в атмосфере с точной привязкой этих процессов по времени и высоте.

Образец факсимильной записи отраженного сигнала приведен на рис. 1. Она характеризуется наличием отражающих слоев в атмосфере в диапазоне высот от 150 до 350 м. Такие отражающие слои характерны для температурных инверсий. Во время эксперимента наблюдался переход от сплошной облачности к разорванной (9 ч 30 мин) с последующим полным исчезновением облаков (10 ч 30 мин). Появление приземной и двух приподнятых инверсий ночью накануне измерений обусловлено похолоданием почвы. С появлением солнца происходит подъем приземной инверсии (нижний отражающий слой), опускание приподнятых инверсий (верхние отражающие слои) и постепенное их слияние. Образовавшаяся на высоте 200 м температурная инверсия наблюдалась до конца эксперимента (14 ч 00 мин), уменьшаясь по мощности (до 40 м). На приведенной факсимильной записи видны также конвективные движения в атмосфере. С нагревом почвы начинают проявляться отдельные термики (с 10 ч 30 мин) и далее – термические струи, которые распространяются вверх вплоть до

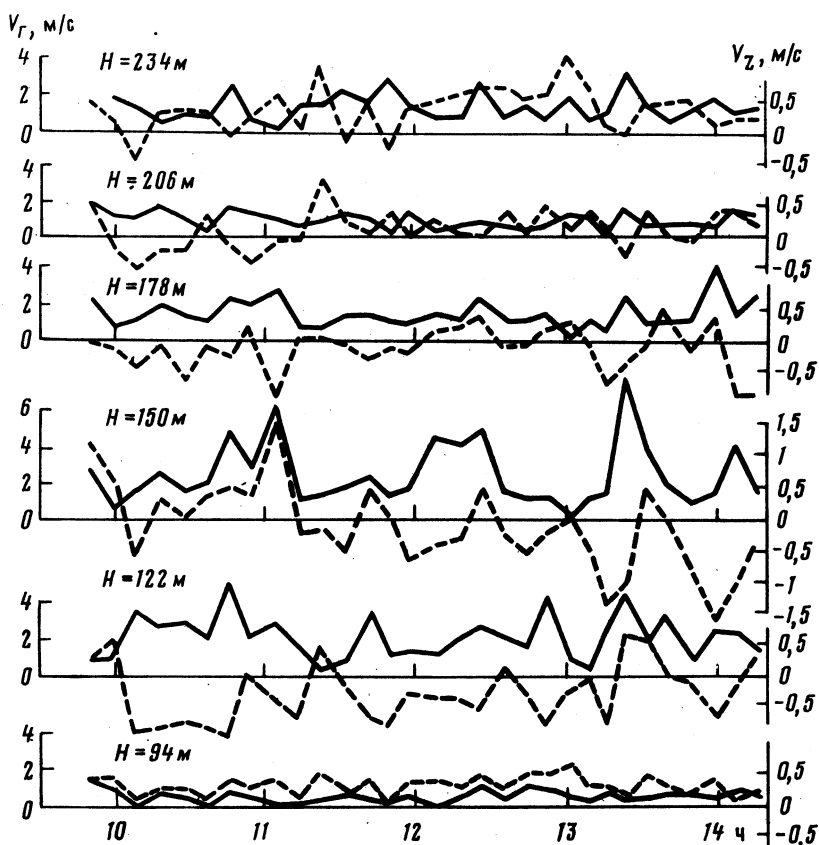


Рис. 2. Временной ход горизонтальной V_G и вертикальной V_Z составляющих скорости ветра с 10-минутным усреднением на шести различных высотах: август 1979 г., лесная местность

высоты инверсии. Однако мощности этих струй недостаточно для разрушения инверсионного слоя и они загужают в этом слое, передавая ему свою энергию. Наблюдение за такими записями особенно важно при контроле и прогнозировании распространения загрязнений.

Результаты измерения скорости ветра акустическим локатором на шести высотах от 94 до 234 м представлены на рис. 2. Они указывают на сильную изменчивость ветра как по высоте, так и во времени. Как правило, увеличение значений V_G сопровождается уменьшением V_Z . На низких высотах эта взаимосвязь становится менее заметной и на высоте 94 м вследствие влияния подстилающей поверхности (лес) практически исчезает. Как видно из рис. 2, при разносе измерений по высоте на 30 м в отдельные моменты времени наблюдался сдвиг ветра до 4 м/с. Осуществление такого контроля за сдвигом ветра имеет важное значение для обеспечения безопасности взлета и посадки самолетов.

Из результатов испытаний акустического локатора и частично приведенных данных видно, что методы акустического зондирования имеют широкие возможности применения в метеорологии уже на данном этапе. Последующие работы над повышением информативности принимаемого звукового сигнала позволят получить дополнительные сведения о структуре пограничного слоя атмосферы.

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ *E.H. Brown, F.F. Hall, Rev. Geophys. and Space Phys., v. 16, 1, 47 (1978).* ² *В.И. Татарский, Распространение волн в турбулентной атмосфере, М., 1967.* ³ *В.А. Гладких, В.Я. Съедин, М.Г. Фурсов, V Всесоюз. симп. по лазерному и акустическому зондированию атмосферы, Тез. докл., ч. 3, Томск, 1978, стр. 84.* ⁴ *А.В. Исаков, С.М. Карпов и др., там же, стр. 136.* ⁵ *В.И. Галкин, Н.П. Красненко и др., XI Всесоюз. симп. Методы представления и аппаратурный анализ случайных процессов и полей, Секция 2, Тез. докл., Л., 1980, стр. 75.*

УДК 550.836.2

ГЕОФИЗИКА

В.В. КАЛИНИН, А.В. КАЛИНИН, В.Е. ФАДЕЕВ

К ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АБСОЛЮТНЫХ ТЕМПЕРАТУР ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

(Представлено академиком Е.М. Сергеевым 19 V 1980)

Изучение температурного поля придонных отложений на шельфе привлекает внимание исследователей в первую очередь в связи с поисками нефтегазоносных отложений и как средство получения новой информации о геологическом строении этой обширной части Мирового океана.

Сложная пространственно-временная структура температурного поля водного слоя ставит под сомнение эффективность общепринятой методики, опирающейся на измерение градиента температуры в придонных отложениях по отношению к градиенту в придонном слое воды. Не вызывает сомнений тот факт, что измерения абсолютной величины температуры в донных отложениях дают такую информацию, которая принципиально полнее полученной в методе относительного градиента. К этой точке зрения в последнее время склоняется ряд исследователей, начинающих применять метод измерения абсолютных температур (¹, ²). Известная методика подобных измерений до настоящего времени сводилась к определению температуры в одной или двух точках в осадках и в воде. Нестационарность температурного поля в придонном слое воды, очевидно, должна приводить к сложному характеру распределения температуры в грунте по глубине, создавая специфический тип помех, маскирующих структуру геотермического поля, связанную с глубинным тепловым потоком. Устранение помехи указанного типа требует изучения температурного разреза в грунте в пределах разумной базы наблюдений.

На кафедре сейсмомерии и геоакустики геологического факультета Московского университета разработан прибор, позволяющий измерять температуру в грунте на пяти различных глубинах с одновременным измерением температуры воды в непосредственной близости от дна. Инструментальная чувствительность прибора в диапазоне 0 – 15°С достигает 0,003°С.

В период ноябрь – декабрь 1979 г. с использованием этой аппаратуры были проведены термометрические исследования на шельфе Черного моря в одном из его южных участков. Всего отработано 24 станции при глубине воды от 50 до 120 м. Общая длина внедряемого в грунт зонда составляла 150 см, что позволяло опреде-