

Н.П. Красненко, М.Г. Фурсов

ДИСТАНЦИОННЫЙ АКУСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЛЕЙ МЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Приведены результаты экспериментальных исследований пограничного слоя атмосферы по программе SATOR с помощью акустического локатора. Дана классификация режимов устойчивости атмосферы в летний и осенний периоды года. Показано, что существует взаимосвязь между толщиной слоя перемешивания и концентрацией озона и углекислого газа в пограничном слое атмосферы.

При проведении экспериментальных работ по программе SATOR, проводимых с помощью акустического локатора «ЗВУК-1», предусматривалось решение следующих задач: непрерывный оперативный контроль таких метеопараметров, как структурная постоянная поля температуры и толщина слоя перемешивания примесей, тип температурной стратификации пограничного слоя атмосферы. Принцип измерения этих параметров при помощи направленного акустического излучения неоднократно обсуждался в литературе, в том числе и на страницах данного журнала, поэтому на нем останавливаться не имеет смысла. Аппаратурная особенность данного эксперимента состоит в применении акустического локатора нового поколения, разработанного в ИОА СО РАН в последние годы. Локаатор «ЗВУК-1» — малогабаритный автоматический прибор настольного типа (кроме антенны, размещаемой вне помещения), управляемый с помощью персональной ЭВМ типа IBM PC/AT. ЭВМ производит обработку принятого локаатором сигнала, фиксирует его на носителе в виде файла для последующего использования и вычисляет требуемые параметры пограничного слоя атмосферы.

На рис. 1 приведена диаграмма, описывающая режим работы акустического локатора во время первого этапа работ по программе SATOR в период с 14.06 по 7.07.91 г., на которую нанесена характеристика атмосферной стратификации, контролируемой в данный момент локаатором. Наличие на диаграмме режима инверсии температуры не исключает существования подынверсионной конвекции, а наличие приподнятой инверсии не исключает наличия в это же время приземной инверсии. Классификация устойчивости атмосферы г. Томска в этот период приведена на рис. 2. Из рисунка видно, что инверсии температуры имели место в 41,7% от времени наблюдения, а приземные инверсии составляли 56,8% от всех случаев инверсий.

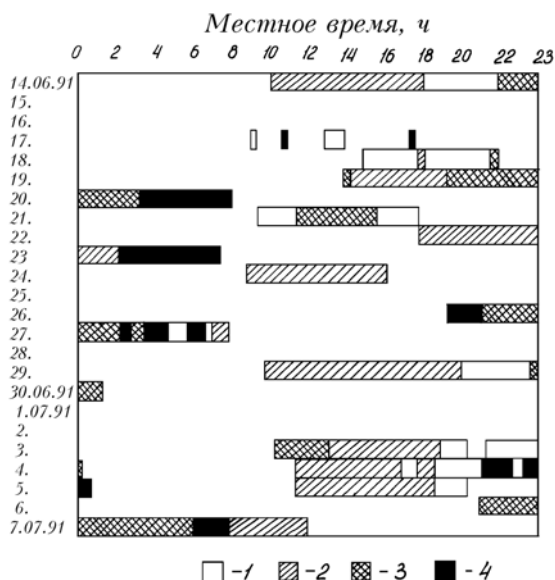


Рис. 1. Диаграмма работы локатора в период с 14 июня по 7 июля 1991 года с характеристикой стратификации атмосферы. 1 — безразличная стратификация атмосферы; 2 — конвективный режим; 3 — приземная инверсия температуры; 4 — приподнятая инверсия температуры

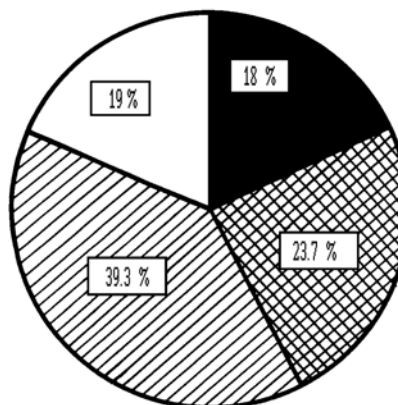


Рис. 2. Классификация устойчивости атмосферы за период с 14 по 7 июля 1991 года (обозначения см. в подписи к рис. 1)

Подобный анализ полученных результатов проведен и для второго этапа экспериментов по программе SATOR. Диаграмма режима работы локатора в этот период времени приведена на рис. 3, а классификация устойчивости атмосферы — на рис. 4. Инверсия температуры составляет здесь почти 70% от всего времени наблюдения, и более 77% из них — приземные инверсии. Тенденция увеличения количества температурных инверсий осенью — зимой по сравнению с летним периодом, как показывают эксперименты, устойчива для г. Томска.

Интересные результаты дает совместная обработка метеорологических данных, полученных акустическим локатором, и концентрации газов (углекислого газа — рис. 4, а в [1] и озона — рис. 8, б там же), измеренной трассовым лазерным газоанализатором ТРАЛ-4 6-го ноября 1991 года. Параметром, объединяющим результаты, полученные обеими установками, выбрана толщина слоя перемешивания примесей в атмосфере. Эта величина напрямую должна влиять на концентрацию примесей в воздухе, т.к. определяет объем, в котором происходит их разбавление. В свою очередь, толщина слоя перемешивания может быть определена как расстояние от поверхности земли до первого задерживающего слоя в атмосфере, каковыми являются границы инверсии температуры и другие термические образования. Получена корреляционная связь между толщиной слоя перемешивания и концентрацией озона и углекислого газа в приземном слое атмосферы. Обнаружено, что с уменьшением толщины слоя перемешивания концентрация указанных газов увеличивается, и наоборот. В принципе, этот результат вполне логичен и достаточно правдоподобно объясним. Гораздо менее понятно отсутствие аналогичной связи с такими газами, как аммиак и водяной пар. Для примера на рис. 5 приведены графики временного хода концентрации N для озона и углекислого газа и толщины слоя перемешивания $H_{тд}$. Коэффициент корреляции, рассчитанный для $H_{тд}$ и углекислого газа, составляет минус 0,67 при запаздывании концентрации газа на 12,4 минуты. Для озона коэффициент корреляции составил минус 0,47.

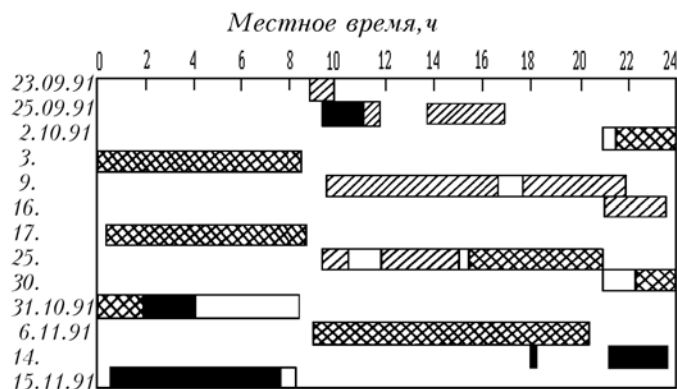


Рис. 3. Диаграмма работы локатора в период с 23 сентября по 15 ноября 1991 года (обозначения см. в подписи к рис. 1)

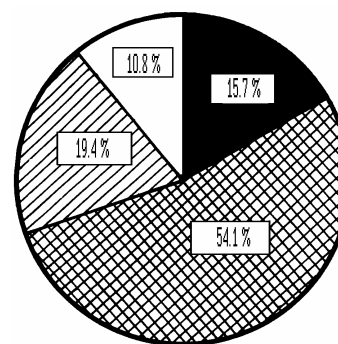


Рис. 4. Классификация устойчивости атмосферы за период с 23 сентября по 15 ноября 1991 г. (обозначения см. в подписи к рис. 1)

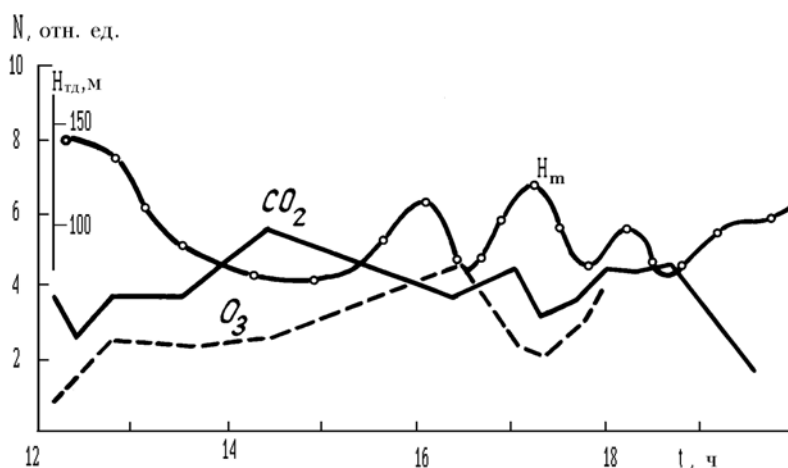


Рис. 5. Временной ход концентрации газов N и толщины слоя перемешивания $H_{тд}$ 6 ноября 1991 г.

Определена корреляционная связь между коэффициентом концентрации N для озона и углекислого газа и структурной постоянной поля температуры на фиксированной высоте 100 м над местом установки антенны локатора. Для углекислого газа коэффициент корреляции равен минус 0,4, для озона минус 0,47. Есть основания предполагать, что такая связь не закономерна и должна зависеть от

типа стратификации атмосферы, высоты и конфигурации задерживающих слоев. В одних и тех же синоптических условиях, выбирая соответствующим образом высоту измерения структурной постоянной поля температуры C_T^2 , можно получить коэффициент корреляции практически любой величины от положительного до отрицательного. Если C_T^2 измеряется на уровнях выше имеющихся задерживающих слоев, корреляция будет отрицательной, если ниже — то положительной. Это вытекает из зависимости концентрации примесей от толщины слоя перемешивания. Дальнейшие исследования, предполагаемые программой SATOR, позволят более детально изучить рассматриваемые процессы при помощи комплексного исследования атмосферы различными аппаратными средствами.

1. Бондаренко С.Л., Долгий С.И., Зувев В.В. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1992. Т. 6. № 6. С. 611–634.

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
23 марта 1992 г.

N. P. Krasnenko, M. G. Fursov. Remote Monitoring of Fields of Meteorological Parameters in the Boundary Layer of the Atmosphere.

Some results of the experimental study of the boundary atmospheric layer with a sodar conducted according to the SATOR-91. Program are presented. A classification of the atmospheric stability modes observed during summer and autumn periods of 1991 is given. It is shown that a correlation exists between the thickness of the atmospheric mixing layer and concentrations of ozone and carbon dioxide in the boundary layer.