

УДК 551.51, 551.513

ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И СКОРОСТИ ВЕТРА В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА ПО ДАННЫМ СВЧ И АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Г.А. Курбатов

PECULIARITIES OF TEMPERATURE AND WIND VELOCITY VERTICAL PROFILES IN URBAN AREA AS DEDUCED FROM MICROWAVE AND ACOUSTIC SOUNDING DATA

G.A. Kurbatov

В городских условиях термическая и ветровая стратификация является важным фактором, оказывающим большое влияние на различные процессы в атмосферном пограничном слое, например на распространение загрязнений. В докладе приведены результаты длительных непрерывных наблюдений и анализ изменчивости профилей скорости ветра и температуры в Московском регионе. Представлены средние профили скорости ветра в диапазоне высот от 50 до 300 м и средние профили и градиенты температуры в слое до 600 м.

In urban conditions thermal and wind stratification is one of the most significant factors, which influence greatly the propagation of atmospheric pollutions. We present the results of long-period continuous measurements of wind velocity and temperature profiles and analyze the variability of these profiles in Moscow region, as well as mean wind velocity profiles for the range 50–300 m and mean temperature and temperature gradients in the boundary layer.

Введение

В городских условиях термическая и ветровая стратификация является важным фактором, оказывающим большое влияние на различные процессы в атмосферном пограничном слое (АПС), например на распространение загрязнений. Интересно проследить временной ход профилей температуры и скорости ветра в различных синоптических ситуациях, а также взаимосвязь температуры и скорости ветра.

Данные

В Московском регионе физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова и Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН (ИФА РАН) проводят непрерывные наблюдения профилей скорости

ветра и температуры. Географическое расположение пунктов наблюдения представлено на рис. 1.

Профиль скорости ветра измеряется в диапазоне высот от 50 до 500 м с помощью акустического локатора (содара) ЛАТАН-3 [Кузнецов, 2007] с разрешением по высоте 20 м и с временным шагом 1 мин. Термическое зондирование АПС осуществляется до высоты 600 м микроволновым температурным профиломером МТП-5 [Kadyrov, Pick, 1998] каждые 5 мин с разрешением по высоте 50 м. Все получаемые натурные данные собираются на сервере и представляются в режиме реального времени на сайте <http://www.atm007-3.phys.msu.ru>.

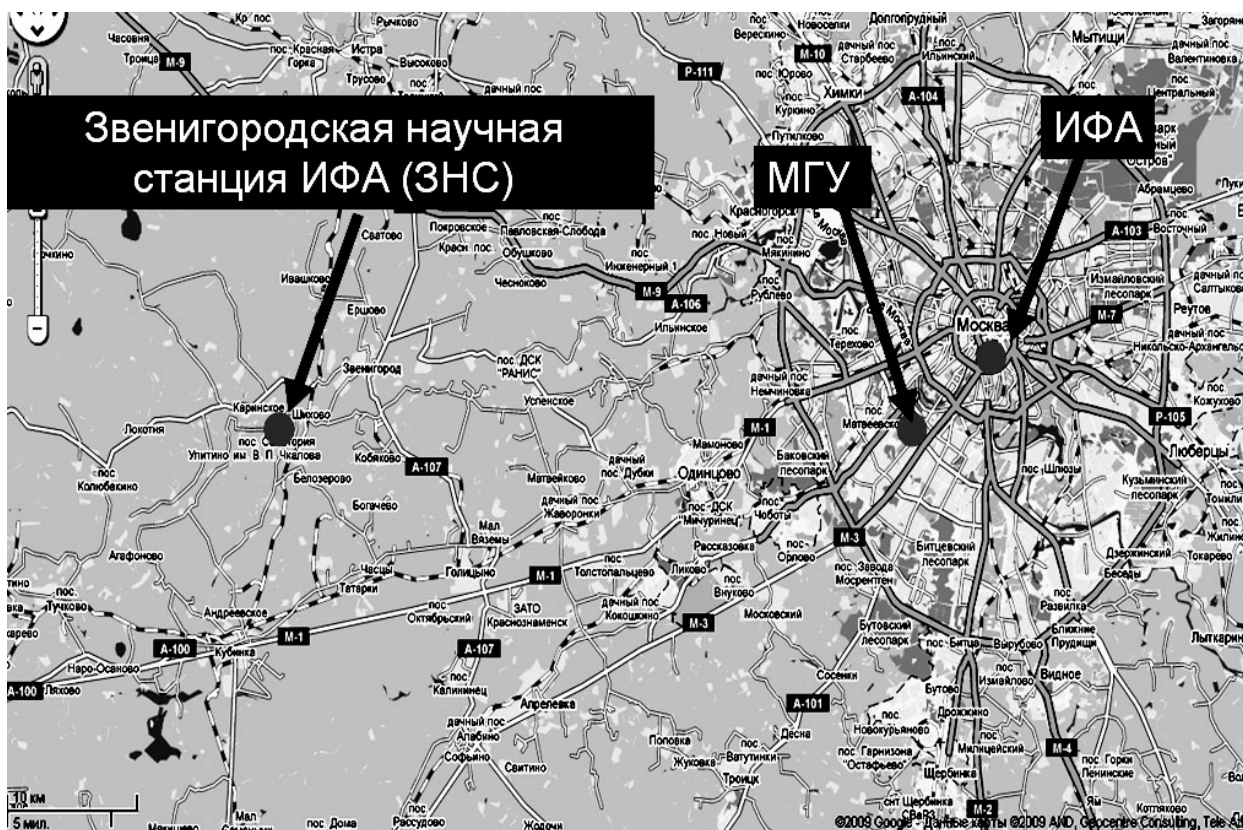


Рис. 1. Расположение пунктов наблюдения.

Измеряемые параметры

Измерения вертикальных профилей температуры дают возможность определять такие параметры АПС, как тип стратификации, высоту инверсионного слоя (слоя АПС, в котором температура растет с высотой) и др.

Непрерывные долговременные измерения профиля скорости ветра позволяют изучать струйные течения (изменение знака градиента скорости ветра по профилю), определять высоту слоя перемешивания. По данным акустического зондирования можно по косвенным признакам (состоянию турбулентности) судить об устойчивости слоя.

Сопоставление профилей температуры и скорости ветра

Одновременные измерения вертикальных профилей температуры и скорости ветра позволяют сопоставлять эти профили и выявлять закономерности взаимодействия температуры АПС и скорости ветра.

Температурный профилемер и содар измеряют параметры, по которым можно судить об устойчивости

АПС. Было проведено сравнение высоты слоя перемешивания, получаемой по данным акустического зондирования (эхограммам), с высотой слоя температурной инверсии по данным МТП-5. Пример такого сопоставления приведен на рис. 2. На эхограмме интенсивность цвета соответствует принимаемому эхосигналу, пропорциональному структурной функции неоднородностей температуры. Четкие полосы характеризуют слой с развитой турбулентностью. Анализ многочисленных случаев показывает, что высота слоя с развитой турбулентностью чаще всего совпадает с высотой инверсионного слоя.

Анализ ситуаций блокирующих антициклонов

Особый интерес для исследования представляют случаи экстремальных синоптических ситуаций. Для анализа были выбраны случаи установления блокирующих антициклонов в Московском регионе. Такая ситуация наблюдалась в июле–августе 2010 г.

На рис. 3 представлены характерная для этого периода эхограмма и эхограмма для летнего периода 2009 г., когда не наблюдался блокирующий антици-

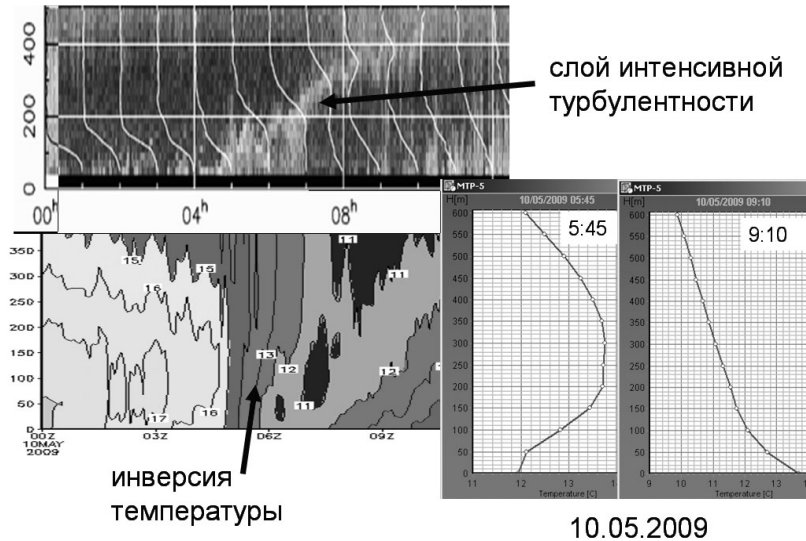
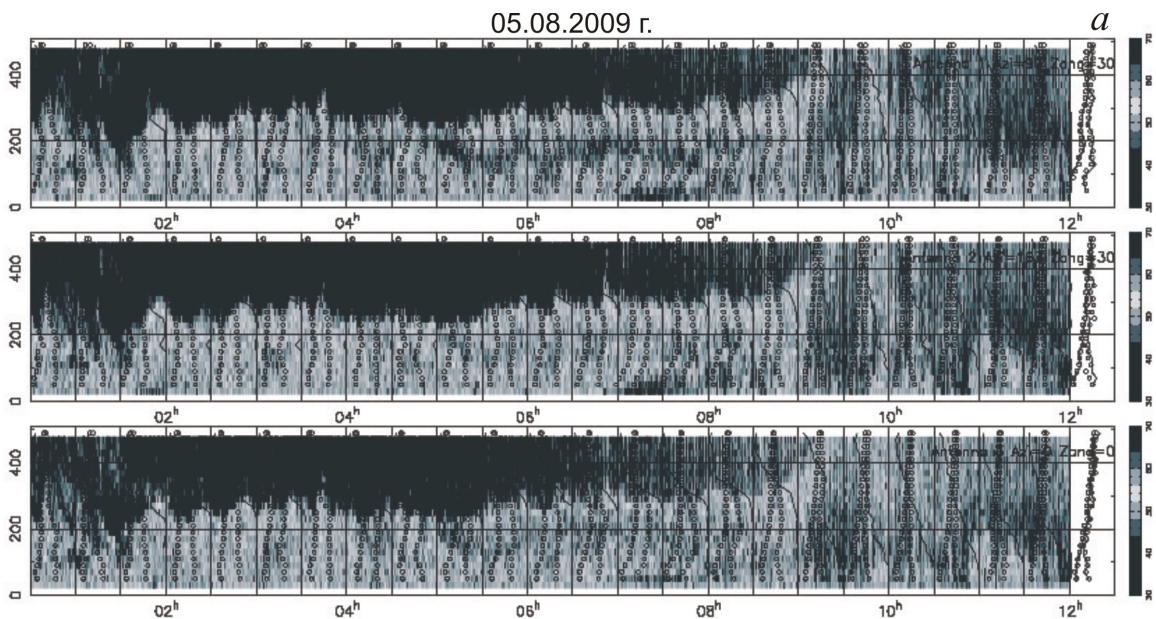


Рис. 2. Фрагмент эхограммы за 10.05.2009 г. (сверху). Зависимость температуры от времени и высоты за 10.05.2009 г. (внизу слева). Вертикальные профили температуры в 5:45 и 9:10 за 10.05.2009 г. (внизу справа).



28.07.2010 г.

б

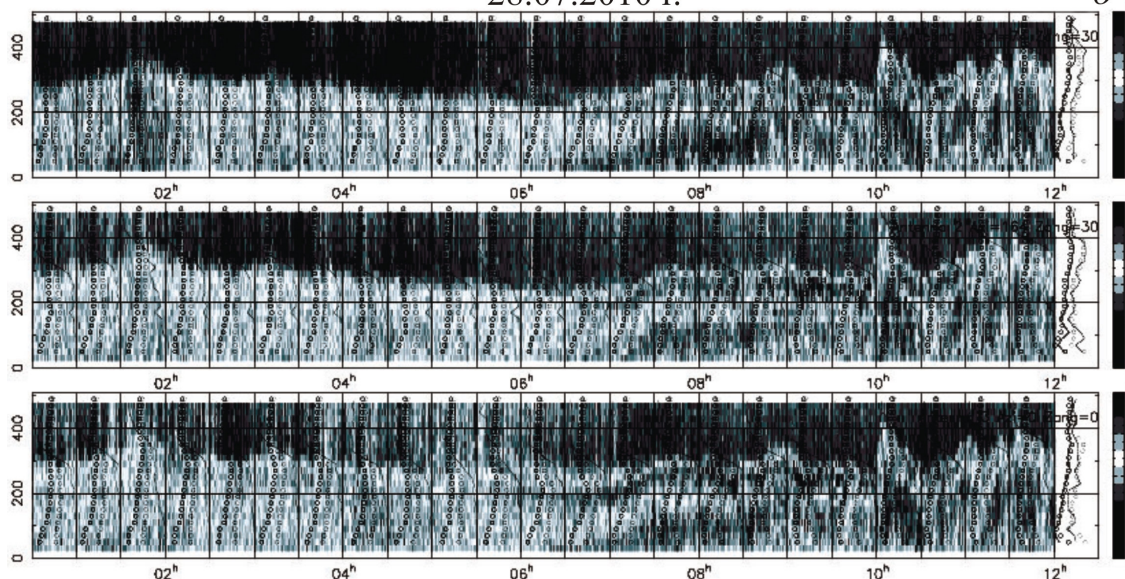


Рис. 3. Эхограмма, полученная в МГУ 05.08.2009 г. (в отсутствие блокирующего антициклона) (а); эхограмма, полученная в МГУ 28.07.2010 г. (в условиях блокирующего антициклона) (б).

клон. Сравнение этих периодов показывает увеличение продолжительности ночной приподнятой инверсии. Ночные инверсии, как правило, разрушаются при дневном прогреве и в летний период к 8–10 ч полностью исчезают, и термический режим АПС переходит от устойчивого к нейтральному или неустойчивому (конвективному). В то же время, как видно из рис. 3, во время летнего блокирующего антициклона инверсионный слой начинает разрушаться ближе к полудню. Аналогичная картина наблюдалась и во время зимнего антициклона в январе 2010 г., когда инверсия температуры сохранялась иногда на протяжении целых суток. Максимальная продолжительность инверсии составила 80 ч (4–7 января 2010 г.). Эти данные согласуются с данными измерений профилей температуры.

Средние профили температуры

Средние профили температуры за период летнего блокирующего антициклона 2010 г. приведены на рис. 4. Их анализ показывает, что средний профиль температуры за весь срок имеет в городе нейтральный, а за городом слабоустойчивый характер. При этом ночные инверсии за городом имеют большую интенсивность, чем в городе. Так, в жаркий период 2010 г. градиент температуры достигал за городом 3 град. на 100 м, что характерно для мощных инверсионных слоев, в то время как в городских условиях он составлял 0.3–0.5 град. на 100 м.

Были рассчитаны градиенты температуры в периоды, не связанные с блокирующими антициклонами, в этих случаях за городом и в городских условиях градиент температуры при инверсии составлял 1 град. на 100 м. Это показывает, что в экстремальных синоптических ситуациях возрастает роль города как «аккумулятора» тепла.

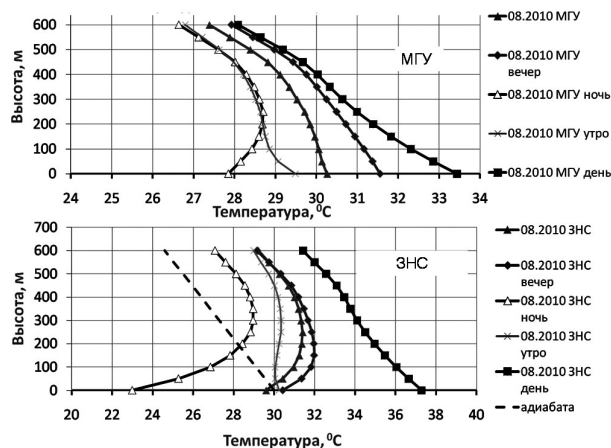


Рис. 4. Средние вертикальные профили температуры за период летнего блокирующего антициклона 2010 г. в городе (сверху) и за городом (внизу).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кузнецов Р.Д. Акустический локатор ЛАТАН-3 для исследований атмосферного пограничного слоя // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20, N 8. С. 749–753.
 Kadyrov E.N., Pick D.R. The potential for temperature retrieval from an angular-scanning single-channel microwave radiometer and some comparison with in situ observations // Meteorological Application. 1998. N 5. P. 393–404.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва