

МЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 502.2.05:551.5

В.А. Шкляев, Л.С. Шкляева

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕРСИЙ НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОФИЛЕМЕРА И РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ

Представлен анализ исходной информации, полученной в результате наблюдений по метеорологическому температурному профилюмеру и при радиозондировании атмосферы за 2013 г. Приведены такие характеристики инверсий, как частота появления в различные периоды года и время суток, продолжительность приземных и приподнятых инверсий, их мощность и глубина. Получен вывод о том, что на образование приземных инверсий в период с октября по февраль оказывает влияние городской «остров тепла».

Ключевые слова: профиль температуры, пограничный слой атмосферы, инверсии.

Уровень загрязнения атмосферы в городах в значительной степени определяется метеорологическими условиями: вертикальным изменением температуры воздуха, скорости и направления ветра в пограничном слое атмосферы (ПСА). Наибольшее влияние на уровень загрязнения атмосферного воздуха оказывает стратификация атмосферы. Накопление вредных веществ в приземном слое (ПС), приводящее к неблагоприятным метеорологическим условиям (НМУ), наблюдается при условиях формирования приземных и приподнятых инверсий. Прогноз инверсий позволяет составлять штормовые предупреждения об НМУ для промышленных предприятий г. Перми и Пермского края с целью обеспечения необходимого качества атмосферного воздуха. В этой связи исследование статистических характеристик температурной стратификации в пределах ПСА и особенно ПС позволит косвенно оценить экологическое состояние атмосферного воздуха города. Наблюдаемые изменения климатических условий последних десятилетий, вызванных глобальным повышением температуры воздуха, способствуют изменению экологического состояния территории. Следовательно, анализ условий стратификации нижней атмосферы должен охватывать значительный период времени.

Так, по данным радиозондирования за период 2003-2012 гг. повторяемость приземных инверсий колеблется от 17 % в ноябре до 47 % в июне, а повторяемость приподнятых инверсий с нижней границей до 300 м изменяется от 1 % в июне до 6 % в январе. Средняя мощность приземных инверсий изменяется от 300 м в мае до 690 м в декабре [1]. Однако данные радиозондирования имеют следующие недостатки: дискретность наблюдений в Перми составляет 12 ч., а в отдельные дни может происходить лишь 1 выпуск; значительная дискретность по вертикали в приземном и пограничном слоях атмосферы может быть только по 1-му измерению, либо отсутствовать вообще. Наличие такой информации не позволяет точно определить моменты образования и разрушения инверсий, их продолжительность, а также исследовать динамику характеристик инверсий – глубины и мощности.

Использование результатов наблюдений за инверсиями по температурному профилюмеру позволит существенно дополнить данные радиозондирования и провести более качественный анализ условий рассеивания вредных веществ в атмосфере. Получаемую информацию при таких измерениях можно считать достаточно надежной [2]. По получаемым временным диаграммам вертикального распределения температуры можно четко проследить момент образования и разрушения инверсий, а также развитие инверсии с определением ее интенсивности и глубины. Кроме этого, использование профилирумера в тех населенных пунктах, где отсутствует

© Шкляев В.А., Шкляева Л.С., 2014

Шкляев Владимир Александрович, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15; shklyaev@psu.ru

Шкляева Людмила Сергеевна, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15; shklyaeva@psu.ru

²Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант р_урал_а, № 14-05-96002

Метеорология

зондирование атмосферы, позволяет получить достаточно надежный источник данных об инверсиях, оценить их характеристики, в частности, давать качественную оценку состояния атмосферного воздуха Березниковско-Соликамского промузла и улучшить прогнозирование НМУ.

Исходные данные

Метеорологический температурный профилемер МТР-5, установленный в Пермском государственном национальном исследовательском университете, позволяет исследовать вертикальные температурные профили с временной дискретностью в 5 мин. и пространственным разрешением в 50 м. Недостатком его является то, что высота сканирования составляет 1000 м. Это затрудняет использовать результаты наблюдений при определении характеристик очень мощных инверсий. В этом случае необходимо привлекать данные радиозондирования. Однако такие случаи наблюдаются достаточно редко, а накопление примесей в приземном слое атмосферы бывает обусловлено приземными или приподнятыми инверсиями с нижней границей в несколько сотен метров.

Существующий ряд наблюдений является коротким (более 1 года), поэтому не позволяет определять достоверно статистические характеристики инверсий, однако обеспечивает качественное определение момента их образования, разрушения и вертикальной структуры. Сравнение результатов параллельных наблюдений по МТП и по радиозонду даёт возможность выявить влияние городского острова тепла на развитие инверсий. В дальнейшем проведенный анализ может быть использован при корректировке времени наступления НМУ, что может улучшить качество их прогнозирования.

В работе использовались результаты наблюдений за один год в период с марта 2013 по февраль 2014 г., что позволило провести сравнение в различные сезоны года. При обработке материалов наблюдений учитывалось значительное количество пропусков в данных радиозондирования, поэтому некоторые временные характеристики определялись в процентах от количества наблюдений.

Обсуждение результатов

Исследование годового хода общего количества инверсий выявило хорошее соответствие результатов 2 видов наблюдений в период с декабря по февраль и в августе (рис. 1). В большую часть года (кроме октября и ноября) инверсии наблюдаются почти ежедневно. Следует отметить, что инверсии, как правило, профилемером отмечаются чаще, чем при радиозондировании. Это объясняется непрерывностью наблюдений при использовании профилемера в сравнении с 2 срочными наблюдениями при радиозондировании.

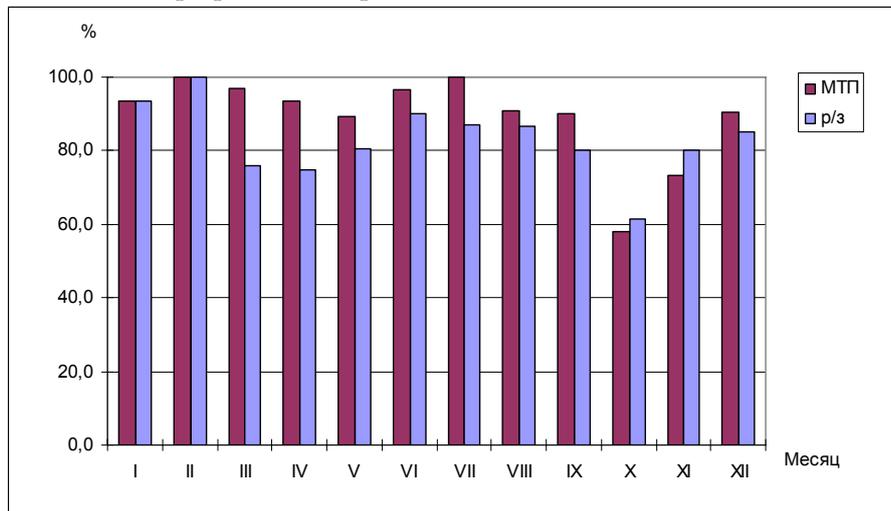


Рис. 1. Годовой ход инверсий по данным МТП и радиозондирования, % от дней с наблюдениями

В октябре и ноябре инверсии чаще отмечаются при радиозондировании, что объясняется отепляющим влиянием города в этот период года. Следует учесть, что пункт радиозондирования находится на открытой площадке территории бывшего аэропорта местных авиалиний и удален от районов городской застройки. В январе-феврале инверсии имеют значительную глубину и мощность, поэтому городской «остов тепла» практически не сказывается на их количестве. В этот период количество наблюдаемых двумя способами инверсий совпадает.

Метеорология

Наиболее значительные расхождения в частоте наблюдаемых инверсий приходятся на март и апрель. В первую очередь это определяется различием в количестве приземных инверсий (рис. 2). Общий ход приземных инверсий в течение года характеризуется отсутствием максимума их в феврале и январе с сохранением максимума в июле. Кроме этого, наблюдается значительное снижение частоты приземных инверсий в период с октября по декабрь. Отмечается существенное превышение числа приземных инверсий, определяемых по результатам радиозондирования, над их числом по данным МТП в этот период, что еще раз указывает на роль городского «острова тепла» в формировании инверсий. В условиях города за счет прогрева приземного слоя в этот период чаще формируются приподнятые инверсии. Этот фактор хорошо действует также в январе и феврале. Хотя общее число инверсий, отмечаемых двумя способами, одинаково, приземных инверсий в пункте радиозондирования в январе отмечается значительно больше. В феврале отепляющее влияние города снижается, что приводит к выравниванию числа приземных инверсий.

Увеличивается различие в количестве приземных инверсий весной, в марте-мае. В этот период, как и летом, чаще наблюдаются утренние инверсии, т. е. перед восходом солнца, и они не всегда отмечаются при радиозондировании в срок 00 ч (05 ч местного времени). Другая причина – пропуски в наблюдениях: в марте выпуски радиозонда проводились 25 дней, а в апреле – 12 дней, при этом в отдельные дни выпускалось по 1 радиозонду.

Исследование продолжительности инверсий проводилось только по результатам наблюдений МТП. Значительная продолжительность инверсий приходится на зимний период и март (рис. 3). Например, в феврале суммарная продолжительность инверсий составила 626 ч. (около 93 % всего времени), а в течение 17 дней инверсии наблюдались все 24 ч. Отмечается некоторое увеличение продолжительности инверсий в июле, что определяется антициклональным характером погоды в это время.

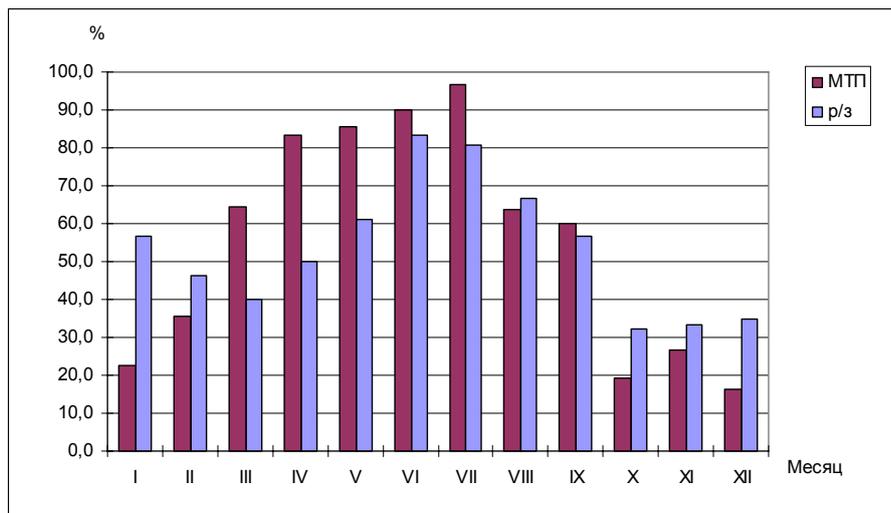


Рис. 2. Годовой ход приземных инверсий по данным МТП и радиозондирования, % от дней с наблюдениями

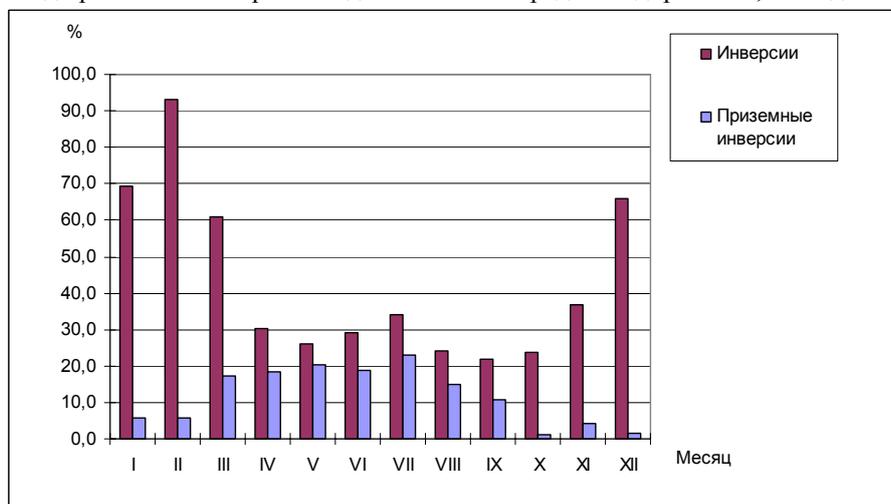


Рис. 3. Продолжительность инверсий и приземных инверсий по данным МТП, % от возможной

Метеорология

Продолжительность приземных инверсий сохраняется с незначительными изменениями в течение первых 6 месяцев года. В июле продолжительность приземных инверсий увеличивается до 172 ч., а в последующий период она снижается до 9 ч. в октябре. Общая продолжительность инверсий начинает возрастать с сентября. Как уже отмечалось, в этот период отепляющее влияние города приводит к трансформации приземных инверсий в приподнятые.

Мощность и глубина приземных инверсий являются важными характеристиками условий рассеивания вредных веществ в атмосфере. Чем мощнее инверсионный слой, тем интенсивнее происходит накопление примесей в приземном слое воздуха не только от приземных, но и от высоких источников. Приземные инверсии достигают максимальной мощности в январе-феврале, когда она достигает значений 400-750 м, а в отдельные дни мощность может превышать 1000 м (рис. 4). Таким образом, значительный слой нижней атмосферы характеризуется ослаблением турбулентности, а при антициклональном режиме погоды в этот период ослабление скорости ветра способствует застою воздуха. Годовой ход мощности приземных инверсий в летнее время имеет еще один максимум. Он также связан с преобладанием антициклонального типа погоды и может приводить к увеличению загрязнения атмосферного воздуха в ночные и утренние часы.

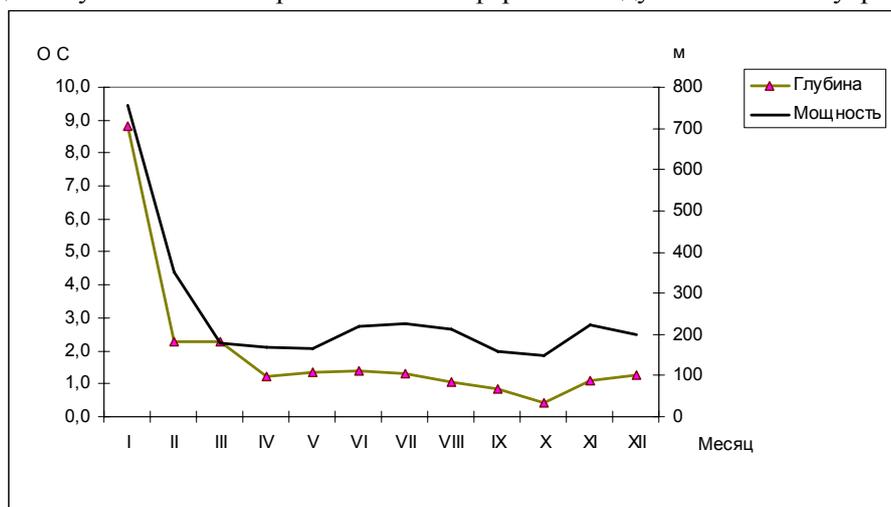


Рис. 4. Глубина (°C) и мощность (м) приземных инверсий по данным МТП

Значительная глубина приземных инверсий в январе и феврале не может минимизировать влияния городского «острова тепла» в этот период; частота приземных инверсий в городе значительно ниже, чем в пригороде. Годовой ход глубины приземных инверсий повторяет изменение их мощности: происходит уменьшение глубины к апрелю, затем наблюдается некоторое ее увеличение летом и затем уменьшение к октябрю, после чего опять происходит ее рост.

Приземные инверсии чаще наблюдаются в утреннее и ночное время в течение всего года (рис. 5).

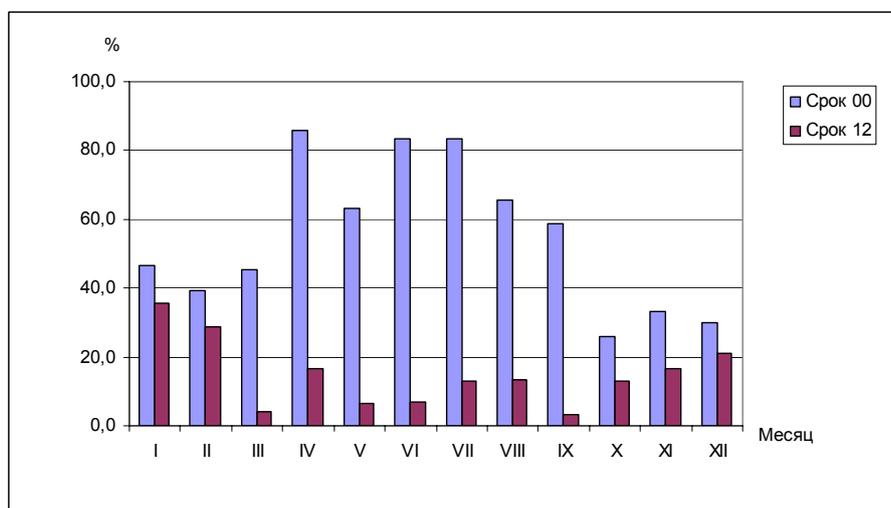


Рис. 5. Годовой ход приземных инверсий по данным радиозондирования в сроки 00 и 12 ч., % от числа дней

Метеорология

Наиболее отчетливо такая закономерность проявляется с марта по сентябрь, т.е. в период наибольшего поступления солнечной радиации к земной поверхности, когда ее нагревание приводит к разрушению или поднятию инверсий. Однако даже летом с июня по август днем могут наблюдаться приземные инверсии 2-4 раза в течение месяца, появление которых можно связать с прохождением атмосферных фронтов.

Выводы

Частота появления инверсий, приземных инверсий, определяемая с помощью наблюдений по метеорологическому температурному профилю МТП-5 и по результатам радиозондирования, вполне сопоставима. Такие характеристики инверсий, как продолжительность, время образования и разрушения, можно определить только по наблюдениям с помощью МТП-5. Использование профилера позволяет детально исследовать термическую стратификацию нижнего слоя атмосферы и оценить условия рассеивания вредных веществ. Целесообразно использовать результаты наблюдений по профилю для оценки интенсивности городского «острова тепла». Проведенный анализ показал, что в период с октября по февраль отепляющее влияние города сказывается на приземных инверсиях, уменьшая частоту их появления по сравнению с пригородом. Это приводит к увеличению числа приподнятых инверсий и снижению приземных.

Библиографический список

1. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Использование результатов наблюдений по температурному профилю для корректировки неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: тр. второй всероссийской научной конференции с международным участием. Казань: Отечество, 2013. Т. II. С. 151.

2. Эзау И. Н., Вольф Т., Миллер Е. А., Репина И. А., Троицкая Ю. И., Зилитинкевич С. С. Анализ результатов дистанционного мониторинга профиля температуры в нижних слоях атмосферы долины г. Берген (Норвегия) // Метеорология и гидрология. 2013. № 10. С. 93-103.

V.A. Shklyayev, L.S. Shklyayeva

RESEARCH OF INVERSIONS OF THE LOWER ATMOSPHERE BY RESULTS OF SUPERVISION OF A METEOROLOGICAL TEMPERATURE PROFILER AND RADIOSONDE

The article presents an analysis of the source of information obtained as a result of observations of meteorological temperature profiler and when radiosonde ascents for 2013. Presents characteristics such as inversions, as the frequency of occurrence in different seasons and time of day, duration of surface and elevated inversions, their power and depth. Obtained the conclusion that the formation of surface inversions in the period from October to February influences urban heat island.

Keywords: temperature profile, boundary layer of atmosphere, inversions.

Vladimir A. Shklyayev, Candidate of Geography; Associate Professor, Department of Meteorology of Perm State National Research University. Bukireva st. 15, Perm, 614990, Russia; shklyayev@psu.ru

Lyudmila S. Shklyayeva, senior lecturer, Department of Meteorology of Perm State National Research University. Bukireva st. 15, Perm, 614990, Russia; shklyayeva@psu.ru