

Вертикальная структура полей температуры и влажности в пограничном слое атмосферы над Западной Сибирью в условиях ясной погоды и наличия сплошной облачности

В.С. Комаров, Н.Я. Ломакина, С.Н. Ильин*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 22.12.2008 г.

Обсуждаются особенности вертикальной структуры полей температуры и массовой доли водяного пара в пограничном слое атмосферы Западной Сибири, характерные для безоблачной атмосферы и атмосферы со сплошной облачностью нижнего яруса.

Ключевые слова: вертикальная структура, поля температуры и влажности, пограничный слой атмосферы, Западная Сибирь, ясные дни, облачные условия.

Широкое развитие методов активного и пассивно-дистанционного зондирования окружающей среды, осуществляемого с наземных платформ и из космоса, вызвало повышенный интерес к данным о структурных характеристиках различных метеорологических величин и, в частности, температуры и влажности. Это обусловлено тем, что условия распространения видимого и инфракрасного излучения в атмосфере в значительной степени зависят от фонового состояния и вариаций ее температурно-влажностного режима. При этом наилучшие по точности результаты дистанционного зондирования получаются для случаев чистой, безоблачной атмосферы. Однако в реальной атмосфере (особенно в ее пограничном слое) довольно часто наблюдается сплошная облачность нижнего яруса, которая существенно усложняет и ухудшает качество решения обратных задач дистанционного зондирования [1, 2].

В связи с этим возникает острая необходимость в детальном изучении влияния подобной облачности (в сравнении с безоблачной атмосферой) на вертикальную структуру полей температуры и влажности в пограничном слое атмосферы (ПСА), особенно над такой малоосвещенной территорией, как Западная Сибирь. К сожалению, подобного рода исследований для Западной Сибири до настоящего времени еще не проводилось, хотя без учета влияния облачности вертикальная структура полей температуры и влажности для этого региона изучена достаточно полно (см. [3]).

Учитывая это, в данной статье на примере четырех аэрологических станций: Салехард (66°32' с.ш., 66°40' в.д.), Туруханск (65°47' с.ш., 87°56' в.д.), Омск

(54°56' с.ш., 73°24' в.д.) и Новосибирск (54°58' с.ш., 82°57' в.д.), представляющих различные физико-географические районы Западной Сибири, рассмотрены особенности вертикальной структуры полей температуры и влажности (массовой доли водяного пара) в пограничном слое атмосферы, которые выявлены для безоблачных условий (0–2 балла) и дней со сплошной облачностью нижнего яруса (8–10 баллов). При этом в качестве исходных данных использованы многолетние (2000–2009 гг.) двухсрочные (00 и 12 GMT) метеорологические наблюдения (по ним определялись даты и сроки появления ясной и пасмурной погоды), а также соответствующие им радиозондовые измерения, приведенные со стандартных изобарических поверхностей и уровней особых точек к системе геометрических высот: 0 (уровень земли), 100, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1200 и 1600 м.

Для анализа особенностей вертикальной структуры полей температуры и влажности в пограничном слое атмосферы Западной Сибири использованы профили высотного распределения средних значений $\bar{\xi}(h)$, где h – высота, м, а также стандартных (среднеквадратических) отклонений $\sigma_{\xi}(h)$, причем по последним можно судить об естественной изменчивости указанных метеорологических полей. Кроме того, для лучшего сравнения величин изменчивости массовой доли водяного пара, полученных для зимы и лета и существенно (почти на порядок) отличающихся между собой, взяты не стандартные отклонения σ_q , а коэффициенты вариаций, т.е. величины $\theta_q = \sigma_q/\bar{q}$, %.

На рис. 1 приведены профили высотного распределения средних значений температуры и влажности воздуха, рассчитанных для зимы и лета и в зависимости от облачного состояния атмосферы по данным ст. Салехард, Туруханск, Омск и Новосибирск.

* Валерий Сергеевич Комаров (gfm@iao.ru); Наталья Яковлевна Ломакина (lnya@iao.ru); Сергей Николаевич Ильин.

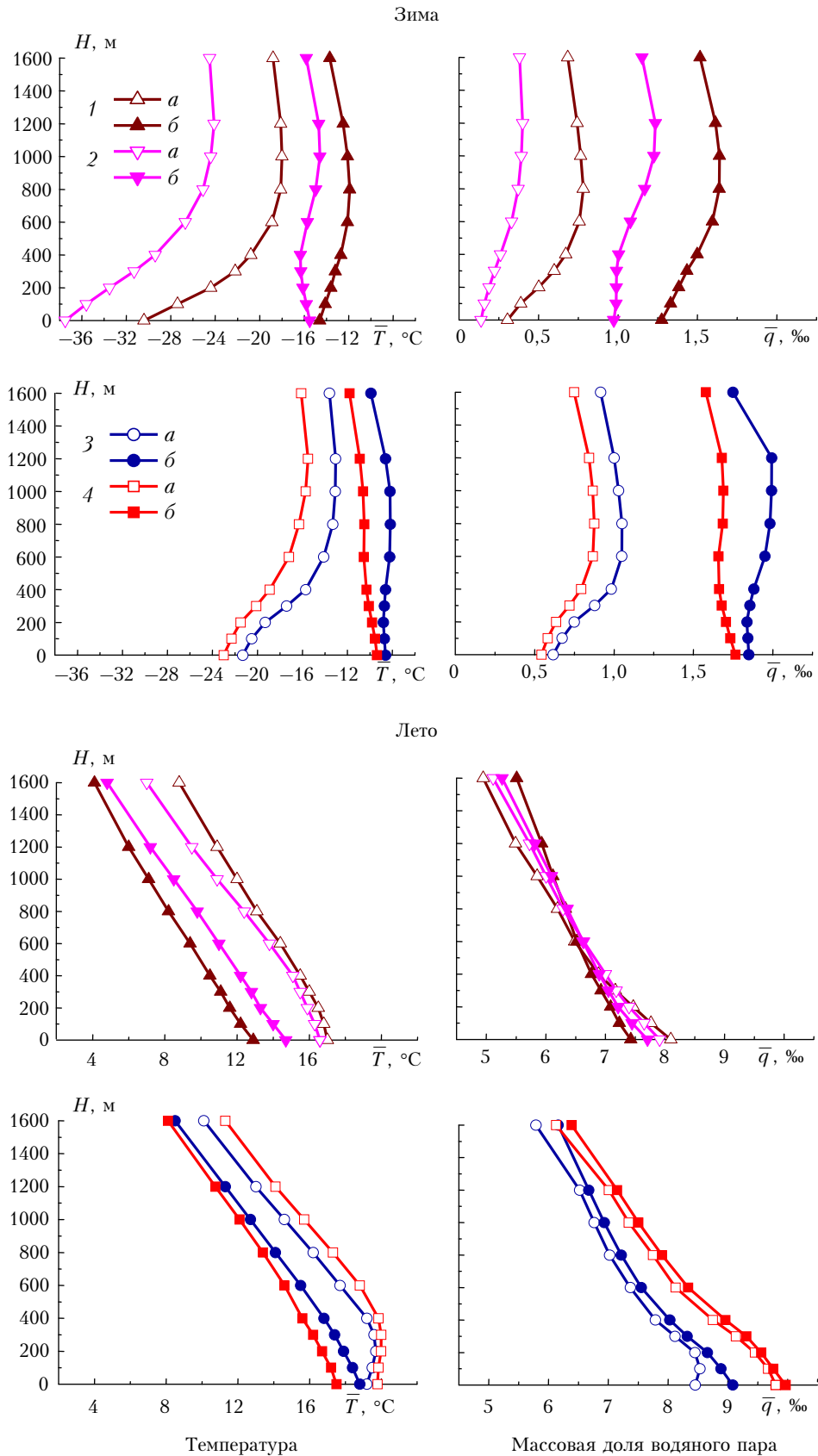


Рис. 1. Высотное распределение средней температуры и массовой доли водяного пара в условиях безоблачной атмосферы (а) и при наличии нижней сплошной облачности (б), полученные для станций: Салехард (1), Туруханск (2), Омск (3) и Новосибирск (4)

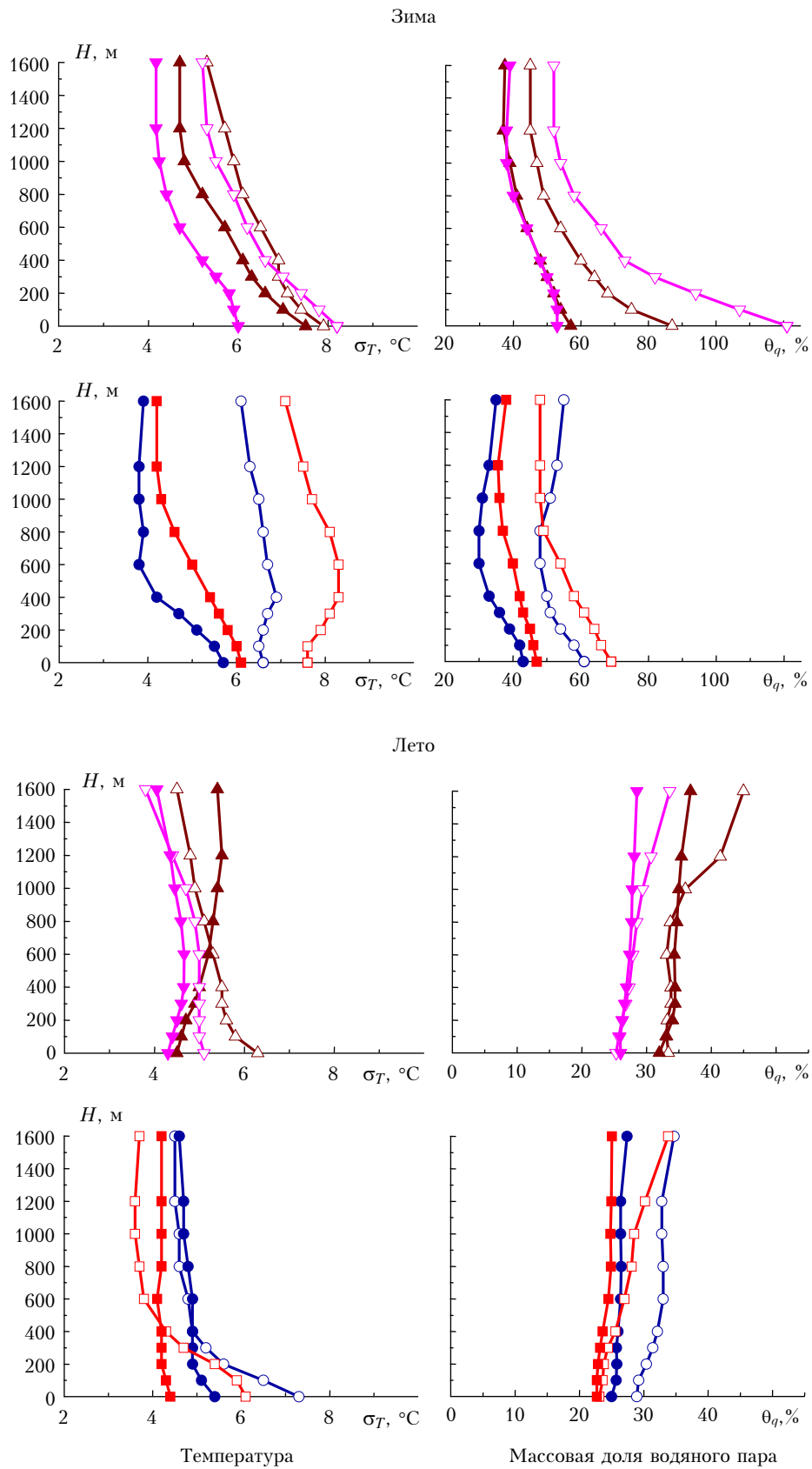


Рис. 2. Высотное распределение стандартных отклонений температуры и коэффициентов вариаций массовой доли водяного пара в условиях безоблачной атмосферы и при наличии нижней сплошной облачности, полученные для типичных станций Западной Сибири. Условные обозначения см. рис. 1

Анализ рис. 1 показал, что для вертикального распределения средней температуры и массовой доли водяного пара, определенного с учетом облачного состояния атмосферы, характерны некоторые общие закономерности. В частности, зимой в безоблачных условиях хорошо выражены мощные инверсии температуры и влажности, простирающиеся повсеместно до высоты 800–1000 м и 600–800 м соответственно и возникающие вследствие сильного радиационного выхолаживания и высушивания приземного воздуха под влиянием холодной подстилающей поверхности. При наличии сплошной облачности отмечаются лишь слабо выраженные инверсии или изотермии, возникающие за счет адвекции теплого воздуха над холодной подстилающей поверхностью в условиях циклонического режима атмосферной циркуляции. Необходимо обратить внимание и на следующую закономерность. Средняя температура и влажность в ясную погоду существенно ниже, чем при наличии сплошной облачности нижнего яруса, причем наибольшие различия в основном наблюдаются вблизи земной поверхности (здесь они достигают 13–22° — для температуры и 0,8–1,2% для массовой доли водяного пара).

Летом в ясные дни пограничный слой атмосферы, благодаря турбулентному и конвективному переносу вверх теплого и малоувлажненного воздуха от сильно прогретой и достаточно сухой подстилающей поверхности, значительно теплее и суше, чем в дни со сплошной облачностью, когда господствует циклоническая циркуляция. При этом различие в температуре заметно меньше, чем зимой, и не превышает 5,0°. Кроме того, летом температура и влажность в основном убывают с высотой, исключая лишь нижний 300-м слой, где в ясные дни наблюдаются слабо выраженные инверсии или изотермии температуры, обусловленные ночным выхолаживанием приземного воздуха от охлаждающейся земной поверхности.

Сведения о высотном распределении средней температуры и влажности воздуха не дают полного представления о вертикальной структуре полей этих метеорологических величин. Поэтому в климатологии

рассматриваются дополнительно также и параметры изменчивости метеорологического поля. С учетом этого на рис. 2 приведены профили высотного распределения стандартных отклонений температуры σ_T и коэффициентов вариаций массовой доли водяного пара θ_q , рассчитанных в зависимости от облачного состояния атмосферы для тех же станций и сезонов.

Из рис. 2 следует, что изменчивость температуры и влажности в зимний период после некоторого приземного максимума понижается с высотой. При этом наибольшая изменчивость отмечается в ясные дни. Кроме того, в нижнем 200–300-м слое изменчивость температуры и влажности в северных районах Западной Сибири выше, чем в ее южных районах.

Летом изменчивость температуры в ясные дни также уменьшается с высотой (после некоторого, но менее выраженного, максимума в приземном слое), а в условиях наличия сплошной облачности она, наоборот, слабо увеличивается. В то же время изменчивость массовой доли водяного пара, выраженная θ_q , возрастает с высотой как в условиях безоблачной атмосферы, так и при наличии сплошной облачности нижнего яруса. При этом наибольшие различия между изменчивостью при ясном и пасмурном небе отмечаются для температуры в приземном слое, а для влажности воздуха — в верхней части пограничного слоя атмосферы (выше 1200 м).

Таковы некоторые особенности, выявленные нами при анализе вертикальной структуры полей температуры и влажности в пограничном слое атмосферы Западной Сибири, проведенном с учетом облачного состояния атмосферы.

1. Кондратьев К.Я., Тимофеев Ю.М. Метеорологическое зондирование атмосферы из космоса. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 280 с.
2. Зуев В.Е., Зуев В.В. Дистанционное оптическое зондирование атмосферы. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 232 с.
3. Комаров В.С., Ломакина Н.Я. Статистические модели пограничного слоя атмосферы Западной Сибири. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2008. 220 с.

V.S. Komarov, N.Ya. Lomakina, S.N. Il'in. Vertical statistical structure of temperature and humidity fields within the atmospheric boundary layer above the Western Siberia for cloudless conditions and heavy overcast.

The features of vertical statistical structure of temperature and humidity fields within the atmospheric boundary layer of the Western Siberia revealed for cloudless conditions and heavy overcast are discussed.