

УДК 551.510

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРАТОСФЕРНЫХ ПОТЕПЛЕНИЙ НАД СИБИРЬЮ ПРИ РАЗВИТИИ ЗИМНИХ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУР

¹Е.П. Белоусова, ²И.В. Латышева

RESEARCH INTO STRATOSPHERIC WARMINGS ABOVE SIBERIA DURING WINTER TEMPERATURE ANOMALIES

¹E.P. Belousova, ²I.V. Latysheva

Одним из наиболее интересных процессов в верхней атмосфере, с которым связаны нарушение зональной циркуляции в тропосфере и развитие аномалий температуры и давления у поверхности Земли, являются стратосферные потепления.

В работе исследуется структура тропосферно-стратосферных связей в теплые и холодные зимы над территорией Сибири путем построения вертикальных профилей метеорологических величин по ежедневным данным радиозондирования атмосферы.

Проведенное исследование показало, что стратосферные потепления в холодные зимы над Сибирью сопровождаются ослаблением стратосферного циклонического вихря и усилением тропосферно-стратосферного воздухообмена, приводящего к развитию меридионального переноса арктического воздуха в умеренные широты. Исследование подтвердило концепцию влияния длинных волн в тропосфере и стратосфере при формировании региональных аномалий температур.

Возможно, стратосферные потепления инициируют термически опосредованную среднюю меридиональную циркуляцию, которая влияет на перенос момента количества движения вниз.

Stratosphere warmings are of the most interesting processes in the upper atmosphere responsible for disturbances in zonal circulation in the troposphere and development of temperature and pressure anomalies over surface.

The structure is investigated of troposphere–stratosphere relations during warm and cold winters over Siberia through the construction of vertical profiles of meteorological parameters using the daily radio sounding data.

As shown by the examination, stratosphere warmings during cold winters over Siberia are accompanied by weakening of a stratosphere cyclonic vortex and by intensification of troposphere–stratosphere air exchange which results in the development of the meridional transport of arctic air to moderate latitudes. The examination has confirmed the concept of influence of long waves in the troposphere and stratosphere when forming regional temperature anomalies.

Probably, stratosphere warmings initiate thermally mediated mean meridional circulation which influences the angular moment transport downward.

В настоящее время атмосферу принято рассматривать как единую динамическую систему, управляемую внутренними и внешними факторами, отдельные слои которой физически, отличные друг от друга по характеру термической стратификации и энергетическим процессам, находятся в состоянии более или менее активного взаимодействия.

Первые исследователи связывали зимние стратосферные потепления с изменениями солнечной и геомагнитной активности. Впоследствии потепление объясняли с нисходящими движениями воздуха и повышением температуры в слое 30–40 км. В дальнейшем было получено, что при интенсивных стратосферных потеплениях, сопровождающихся раздвоением циркумполярного циклона, происходит перераспределение кинетической энергии [1]. В основе наиболее распространенного и обоснованного на сегодняшний день представления о причинах возникновения и развития зимних стратосферных возмущений лежит концепция передачи волновой энергии из тропосферы в стратосферу посредством длинных волн. Для такой волны характерно возрастание амплитуды с высотой и смещение фазы с высотой к западу [2].

Построение вертикальных профилей температуры показало, что в теплые зимы над Сибирью вся толща тропосферы до уровня 300 гПа оказывается теплее, а выше этого уровня – холоднее по сравнению с холодными зимами (рис. 1). В холодную зиму 2005 г. отчетливо видно повышение температуры в стратосфере. В целом, наибольшие различия температур между теплой и холодной зимами, превышающие 10 °С, отмечаются у поверхности Земли и

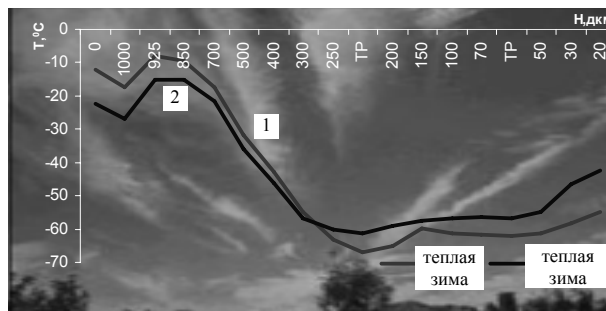


Рис. 1. Вертикальные профили температур в теплую и холодную зимы над Сибирью.

на уровне 30 гПа в стратосфере.

Исследование термобарической структуры атмосферы показало, что в период стратосферных потеплений над Сибирью стратосфера является более высокой и теплой, а тропосфера – более холодной и низкой. Это хорошо отражает динамика верхней тропопаузы, связанной с повышением температуры в стратосфере, которая в холодную зиму является более высокой и теплой, а в теплую зиму – более низкой и холодной (рис. 2).

В период стратосферных потеплений над Сибирью интенсивность приземных и приподнятых инверсий температур в среднем на 2 °С (рис. 3, а, б), а мощность на 200–300 м выше, чем в теплые зимы (рис. 3, в, г).

В периоды стратосферных потеплений аномальное развитие получают циклонический стратосферный вихрь, который смещается в умеренные широты, и антициклонический стратосферный вихрь, который движется в сторону Арктики (рис. 4). В результате

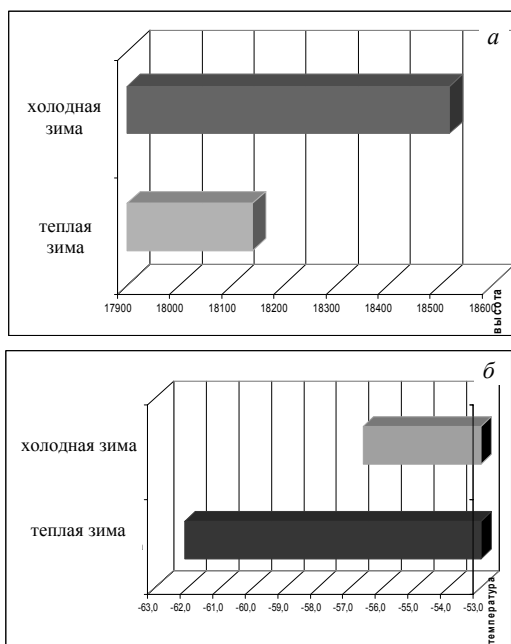


Рис. 2. Высота и температура верхней тропопазузы над Сибирью в теплую и холодную зимы 2002 и 2005 г.

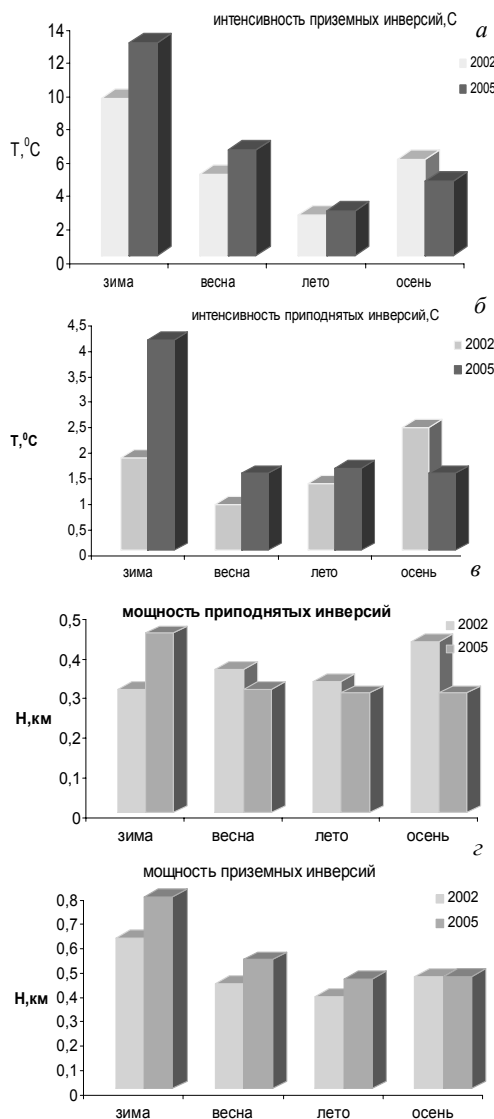


Рис. 3. Характеристики приземных и приподнятых инверсий температур в теплую и холодную зимы над Сибирью.

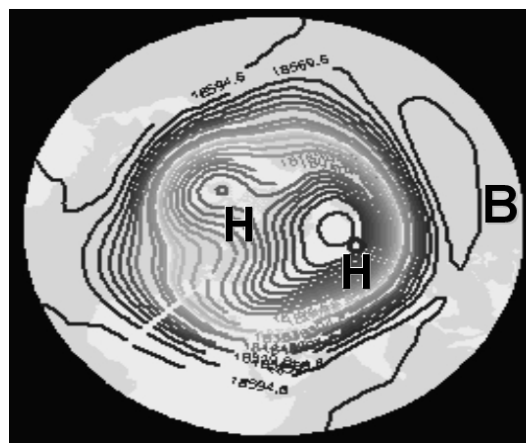


Рис. 4. Среднемесячное поле геопотенциала в стратосфере (70 гПа) в холодную зиму 2005 г. над Сибирью.

стратосферные потепления в холодные зимы над Сибирью сопровождаются ослаблением стратосферного циклонического вихря и развитием длинных волн в стратосфере, что, согласно модели Плама [2], может стимулировать возникновение блокирующих положений в тропосфере и приводить к развитию меридионального переноса арктического воздуха в умеренные широты.

Интенсивность воздухообмена между тропосферой и стратосферой косвенно характеризует максимальный ветер на высотах, величины которого определяются теплообменом между различными слоями атмосферы и характером вертикальных движений в тропосфере и стратосфере.

Расчет повторяемости максимального ветра в холодную и теплую зимы над Сибирью показал, что в холодную зиму 2005 г. повторяемость максимального ветра была выше. Следовательно, воздухообмен между тропосферой и стратосферой был более интенсивным по сравнению с теплым периодом 2002 г. (рис. 5).

В холодную зиму 2005 г. имело место усиление меридиональных потоков в тропосфере (рис. 6). С ними связаны вторжения холодного арктического воздуха в умеренные широты, и, как следствие, более интенсивное охлаждение подстилающей поверхности и приземного слоя атмосферы. В теплую зиму 2002 г. зональный перенос был более выражен как в тропосфере, так и в стратосфере. Он способствовал переносу теплых воздушных масс с зональными потоками вглубь материка.

Таким образом, проведенное исследование выявило различия в вертикальных профилях метеорологических величин в холодные и теплые зимы над Сибирью, которые максимальны вблизи поверхности Земли и на уровне 30 и 50 гПа в стратосфере.

В целом, в теплую зиму над Сибирью тропосфера более теплая и высокая, а стратосфера низкая и холодная. В холодные зимы, наоборот, тропосфера более низкая и холодная, а стратосфера более высокая и теплая.

Исследование подтвердило концепцию влияния длинных волн в тропосфере и стратосфере при формировании региональных аномалий температур. Возможно, стратосферные потепления инициируют термически опосредованную среднюю меридиональную

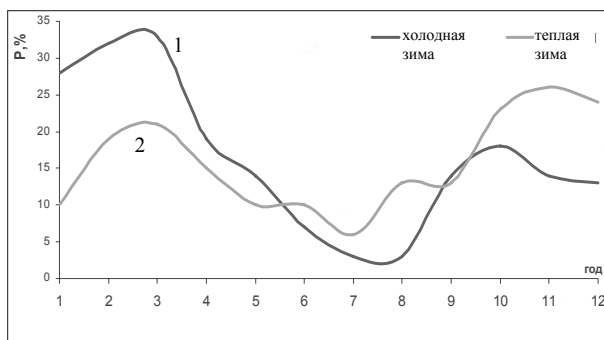


Рис. 5. Годовой ход повторяемости максимального ветра над Сибирью в 2002 и 2005 г.

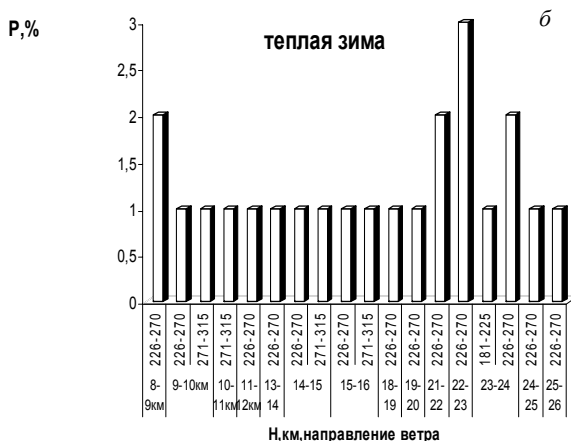
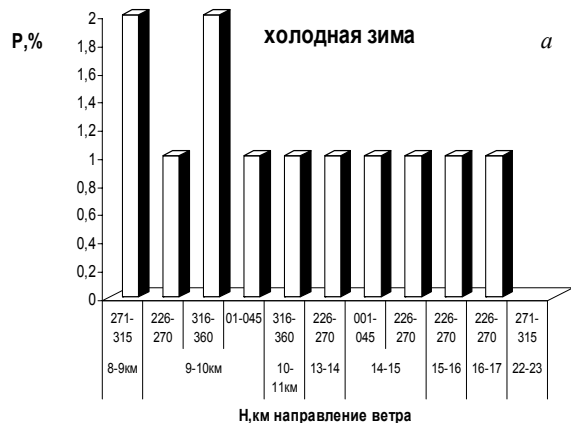


Рис. 6. Распределение направлений ветра (%) по различным градиациям в тропосфере и стратосфере в холодную и теплую зимы 2005 и 2002 г. над Сибирью.

циркуляцию, которая влияет на перенос момента количества движения вниз.

Стратосферные потепления в холодные зимы над Сибирью сопровождаются ослаблением стратосферного циклонического вихря и усилением тропосферно-стратосферного воздухообмена, приводящего к усилению меридионального переноса арктического воздуха в умеренные широты.

Работа поддержана грантом РФФИ, проект № 06-05-64142.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крупчатников В.Н., Курбаткин Г.П. Моделирование крупномасштабной динамики атмосферы. Численные методы. Новосибирск, 1991. 169 с.
2. Held I.M., Suarez M. A proposal for the intercomparison of the dynamical cores of atmospheric general circulation model // Bull. Amer. Meteor. Soc. 1994. N 75. P. 1825–1830.

¹Институт солнечно-земной физики, Иркутск
²Иркутский государственный университет, Иркутск