

Динамический режим полярной стратосферы в условиях ранних внезапных стратосферных потеплений

А.А. Окуличева[✉], Т.С. Ермакова*

Российский государственный гидрометеорологический университет
192007, г. Санкт-Петербург, ул. Воронежская, 79

Поступила в редакцию 30.10.2023;
после доработки 22.01.2024;
принята к печати 01.02.2024

Внезапные стратосферные потепления (ВСП) значительно влияют на погоду в тропосфере и на динамику верхних слоев атмосферы. Определение ВСП и их классификация сформулированы достаточно давно, однако о ранних (в ноябре – первой половине декабря) ВСП подробная информация отсутствует. В работе исследовано влияние ранних ВСП на стратосферный полярный вихрь с использованием данных реанализа JRA-55 и MERRA2. ВСП определялись двумя способами: по среднезональным значениям температуры и зональной компоненте ветра с учетом и без климатической составляющей. Реакция полярного вихря на потепление представлена полем геопотенциальной высоты. По данным зондирования на полярных станциях разных континентов проанализирован временной ход приземных температуры и давления во время смещения и расщепления стратосферного полярного вихря при раннем ВСП.

Ключевые слова: внезапное стратосферное потепление, расщепление полярного вихря, смещение полярного вихря, динамика стратосферы; sudden stratospheric warming, splitting of the polar vortex, displacement of the polar vortex, dynamics of the stratosphere.

Введение

Внезапное стратосферное потепление (ВСП) – это быстрое и сложно прогнозируемое повышение температуры в полярной и субполярной стратосфере зимой длительностью до нескольких недель. Множество исследований показало, что во время ВСП с ростом температуры в стратосфере над полюсом происходит нарушение зональной составляющей ветра средних широт на тех же высотах. Среднезональная компонента скорости ветра уменьшается или даже происходит обращение (с западного направления на восточное) зонального потока. Опосредованно эти процессы влияют на разные слои атмосферы [1–3]. Когда вихрь ослабевает, это может привести к резкому изменению температуры и погодных условий у земной поверхности несмотря на то, что ВСП происходит на много километров выше [4, 5].

Стратосферный полярный вихрь зарождается осенью, когда в северных регионах наступает полярная ночь, и разрушается весной. Он формируется вследствие крупномасштабных температурных градиентов между низкими широтами и полюсом. К канадскому внезапному стратосферному потеплению относят стратосферное потепление в начале

зимы над Сибирью, которое после смещает полярный вихрь на Атлантику – Европу, в то время как антициклон вытягивается над Канадой [6].

Раннее ВСП, которому посвящена данная работа, – это незначительное повышение температуры (на 5–20 К), сопровождающееся тенденцией к изменению направления ветра на восточное (или смене при небольшом отклонении относительно климатических значений), которое происходит в полярной и субполярной стратосфере в ноябре и начале декабря. Отличие исследуемого ВСП от классического в том, что оно является самым ранним и происходит до середины декабря. За весь период наблюдения ВСП опубликовано немного работ, которые описывают развитие раннего ВСП, его влияние на стратосферный полярный вихрь и приземную температуру в северном регионе. Однако в последнее время этим явлением заинтересовались ученые, которые анализируют термодинамическую ситуацию в арктической стратосфере в зимнее время года. Например, в работе [7] подобное явление называется «сбоем», или «мини-ВСП», оно характеризуется потеплением в стратосфере на высоте примерно 32 км и одновременным похолоданием в мезосфере (около 80 км), а также ослаблением среднезонального ветра в стратосфере и мезосфере. Авторы отмечают, что аномалии температуры и зонального ветра, связанные со «сбоем», по-видимому, распространяются вверх, а не вниз, как это происходит

* Арина Андреевна Окуличева (arina-okulichева@mail.ru); Татьяна Сергеевна Ермакова (taalika@mail.ru).

во время сильных ВСП [8–10]. Предполагается, что это вызвано распространением стационарной планетарной волны, которая не полностью диссипирует после «сбоя», как это происходит с ВСП в середине зимы [7]. Существуют исследования, где рассматривается влияние ВСП на вышележащие слои (мезосферу) [11, 12].

Цель настоящей работы — анализ влияния ранних ВСП на стратосферный полярный вихрь, сравнение способов выявления ранних ВСП и анализ приземной температуры в период данного явления.

Использовались данные двух реанализов: JRA-55 [13] и MERRA-2 [14]. Ранние ВСП выявлялись с помощью данных реанализа JRA-55, который охватывал период с 1958 г. по настоящее время. При анализе каждой зимы было обнаружено, что ранние ВСП фиксируются как на рекомендованных ВМО высотах (рост температуры на высоте ~ 30 км), так и выше. В связи с этим к исследованию привлекались также данные реанализа MERRA2, который позволяет рассматривать поведение метеорологических характеристик до высоты 65 км, начиная с 1980 г. по настоящее время. Таким образом, были проанализированы среднезональные распределения зональной компоненты ветра (U) и температуры (T) с учетом климатических значений и без, а также распределения геопотенциальной высоты в полярной стратосфере в ноябре и начале декабря. В рамках работы также были рассмотрены данные радиозондирования с интернет-портала Университета Вайоминга [15], где размещен большой архив результатов измерений. Аэрологическая информация поступает в него в режиме реального времени со всего мира и является общедоступной.

1. Методики определения раннего ВСП

Потепление фиксируют, когда в стратосфере полярных широт температура начинает расти, а зональная составляющая ветра ослабевает или даже меняет свое направление. Скорость и направление ветра определяют в стратосфере средних широт (на высоте 40–45 км), а отклонение температуры с положительным знаком — в полярной области (на высоте 30 км). При выявлении раннего ВСП анализировались среднезональные характеристики с октября по декабрь включительно во всей толще стратосферы на вышеобозначенных широтах.

Чтобы определить раннее ВСП, климатические значения температуры и ветра вычитались из текущих среднезональных значений с целью определения «мощности» аномалий относительно многолетних средних. Климатические значения для ветра и температуры были рассчитаны с 1979 по 2015 г.

ВСП также характеризуется определенным поведением стратосферного вихря. Во время ВСП вихрь может вести себя тремя способами: смещаться относительно Северного полюса, вытягиваться (дипольная форма), расщепляться. Как правило, конкретный тип поведения наблюдается крайне редко, чаще по мере развития ВСП вихрь транс-

формируется и может вытянуться или сместиться, а позднее и расщепиться на два ядра. Поле геопотенциальной высоты достаточно хорошо отражает изменения в структуре вихря, поэтому было оценено поведение стратосферного поля при ВСП через поле геопотенциальной высоты по данным реанализа JRA-55 на уровне 20 (примерно 40 гПа) и 30 км (10 гПа).

2. Результаты и обсуждение

2.1. Термодинамический режим при раннем ВСП

При анализе всех зимних периодов с 1980 по 2020 г. было обнаружено, что если присутствует положительная аномалия температуры от верхней границы тропосферы до 50–60 км и U имеет отрицательное значение (восточное направление), то в большинстве случаев (таблица) раннее ВСП будет протекать со стремлением стратосферного полярного вихря к расщеплению на высоте 20 км. При этом отклонение U от климатических значений по модулю должно составлять минимум 5–10 м/с (аномалия ветра) и достигать нижней стратосферы, т.е. высоты ~ 20 км и ниже, а аномалия температуры должна составлять 10 К и распространяться до высот 30 км. В качестве примера на рис. 1 представлен период с октября по декабрь 2014 г.

При анализе аномальных значений U и T (рис. 1, *а, б*) отмечается незначительное положительное отклонение T в середине октября на высоте 40–50 км. Отрицательное отклонение ветра более продолжительно и наблюдается от высоты 20 км и до мезосферы, т.е. ветровой режим во всей толще стратосферы был аномальным более двух недель. Далее в ноябре наблюдается потепление, при котором отмечается аномалия ветра до 15 м/с от средней тропосферы до мезосферы (рис. 1, *а*) вместе с аномалией температуры (порядка 10 К) от 25 до 55 км (рис. 1, *б*). Если рассматривать исключительно среднезональную температуру, заметно ее повышение на 17 К (рис. 1, *з*), а по среднезональной составляющей ветра переход через 0 не наблюдается, только лишь понижение с 50 до 20 м/с (рис. 1, *в*). Несмотря на это, в третьей декаде ноября полярный вихрь расщепился (рис. 2, *е*).

Важно отметить, что за исследуемый период стратосферный полярный вихрь мог расщепляться как при смене знака среднезональной составляющей ветра (пример 1987 г.), так и только при тенденции к изменению знака, как в 2014 г. В первой декаде декабря вихрь имеет дипольную форму (т.е. «полноценного восстановления» после раннего ВСП не наблюдается, рис. 2, *з*) несмотря на то, что среднезональные характеристики вернулись к значениям до потепления. Однако аномалия температуры (до 10 К) отмечается до середины декабря на высоте 45–55 км (рис. 1, *б*), что косвенно подтверждает задержку в восстановлении.

Годы со стремлением стратосферного полярного вихря к расщеплению

Год	Дата	Минимальная высота отклонения, км ($U = 5$ м/с)	Минимальная высота аномалии, км ($T = 10$ К)	Поведение вихря на высоте 20 км	Поведение вихря на высоте 30 км
1981	27.11–20.12	18	15	Расщепление	Вытягивание
1987	16.11–30.12	10	18	Расщепление	Расщепление
1991*	01.10–01.12	30	42	Расщепление	Вытягивание
1992*	08.10–04.12	28	40	Расщепление	Вытягивание
1996	20.10–30.12	10	18	Расщепление	Смещение
1998	01.11–30.12	10	15	Расщепление	Смещение
2000	08.11–20.12	10	15	Расщепление	Расщепление
2001*	08.11–05.12	10	40	Расщепление	Расщепление
2002*	05.10–16.12	10	40	Расщепление	Расщепление
2005*	18.11–30.12	10	45	Расщепление	Вытягивание
2008	05.11–25.12	18	18	Расщепление	Вытягивание
2009	16.10–30.12	10	20	Расщепление	Вытягивание
2010	28.10–18.11	28	48	Расщепление	Вытягивание
2014	20.11–01.12	10	27	Расщепление	Расщепление
2016	01.10–16.12	10	15	Расщепление	Вытягивание

* Год, когда произошло расщепление при аномалии 10 К на высоте 40 км и выше.

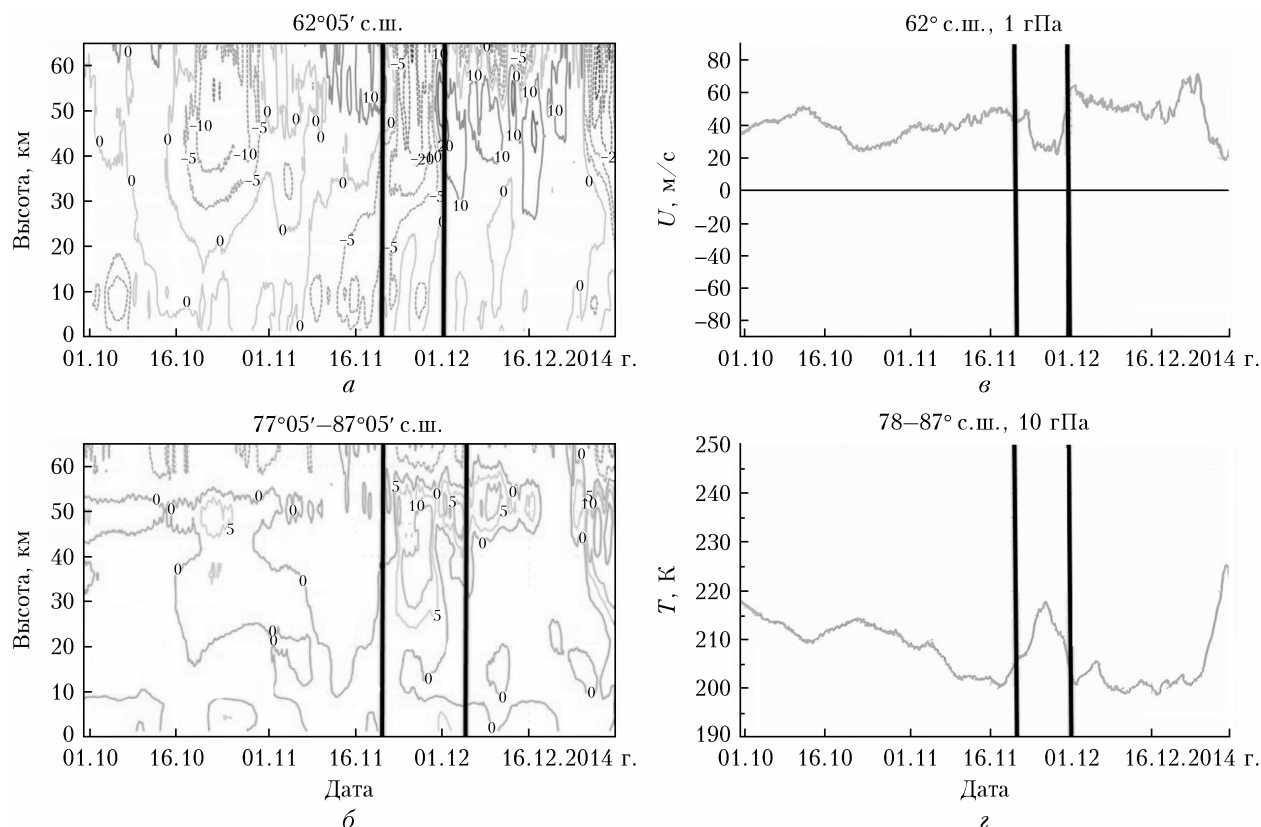


Рис. 1. Распределение с высотой отклонений среднезональной составляющей ветра от климатических значений (а) и аномалий температуры (б); среднезональная составляющая ветра (в) и среднезональная температура (г); вертикальные линии – даты начала и окончания аномалий температур/отклонения среднезональной составляющей ветра

Анализ данных показал, что 15 из 32 случаев ранних ВСП с 1980 по 2020 г. были со стремлением стратосферного полярного вихря к расщеплению на высоте 20 км, но только у пяти из них эта же тенденция сохранилась на высоте 30 км, следовательно, остальные характеризовались смещением или

вытягиванием полярного вихря. В случае, когда отклонение зонального ветра и аномалия температуры фиксируются только на верхних уровнях стратосферы (т.е. аномальный слой не глубокий), отклик на раннее ВСП представлен в виде тенденции к смещению или вытягиванию полярного вихря.

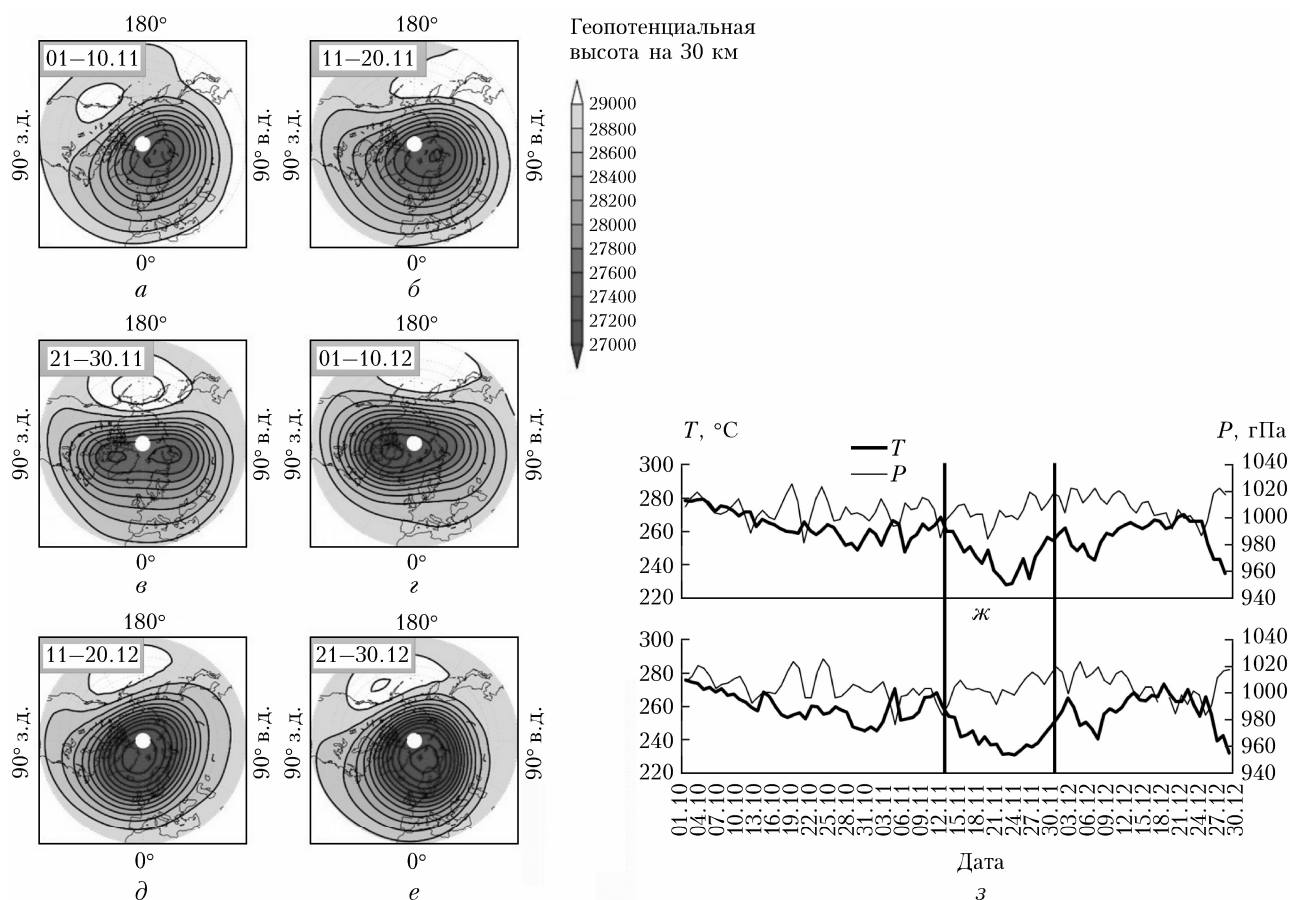


Рис. 2. Поле геопотенциальной высоты на 30 км, осредненное за 10 сут, частота изолиний 200 гп.м (а–е) с 01.11 по 30.12.2014 г.; временной ход приземной температуры с 01.10 по 30.12.2014 г. для ст. Туруханск (65,47° с.ш.; 87,57° в.д.) (ж) и Норильск (69,20° с.ш.; 88,13° в.д.) (з)

Отмечаются ситуации, когда отклонение зональной компоненты ветра и аномалия температуры опускаются ниже 20–30 км, но в таком случае аномалии не превышают 5 м/с для зональной компоненты и 5 К для температуры (при глубоком аномальном слое аномалия температуры незначительная и не приводит к расщеплению полярного вихря). В качестве примера на рис. 3 показана ситуация в 1983 г., когда с первых чисел октября отмечались отклонение ветра на нижних уровнях мезосферы (рис. 3, а) и небольшое (5 К), но достаточно продолжительное (более 2 мес.) отклонение температуры на высоте 40 км (рис. 3, б). В ноябре аномалия температуры опустилась до 25 км, не изменив своего значения (рис. 3, в); отклонение U не распространялось ниже 30 км (рис. 3, а).

Оценивая ход среднезональных характеристик без учета климатической составляющей (рис. 3, в, г), тяжело выявить ноябрьское стратосферное потепление, так как отсутствует какой-либо «сбой», аналогичный 2014 г. Однако при анализе поля геопотенциальной высоты видно, что во время раннего ВСП в конце ноября 1983 г. он сместился в сторо-

ну России и принял дипольную форму (рис. 4, в). В конце ноября – начале декабря, когда аномалия температуры сместилась с 20 на 30 км и отклонение U с 30 на 40 км, полярный стратосферный вихрь восстановил свою форму (рис. 4, г, д).

Стоит также отметить, что в выбранный период наблюдались нестандартные случаи, когда отклонение U не фиксировались по всей толще стратосферы, но при этом стратосферный полярный вихрь имел тенденцию к расщеплению на высоте 20 км. Рассмотрим подобный случай на примере 1991 г. (рис. 5): в ноябре отклонение U (5–10 м/с) фиксировалось от 33 до 60 км, а аномалия T от 40 км и выше составляла 10 К. Стоит отметить, что на протяжении всех трех месяцев (октябрь – декабрь) наблюдалась аномалия T одновременно с отклонением U от верхних уровней стратосферы до высот мезосферы. Можно предположить, что в данном случае именно продолжительная аномалия T и отклонение U привели к расщеплению вихря в декабре на высоте 20 км (рис. 5, а), однако на высотах 25 и 30 км тенденция стратосферного полярного вихря к расщеплению отсутствует.

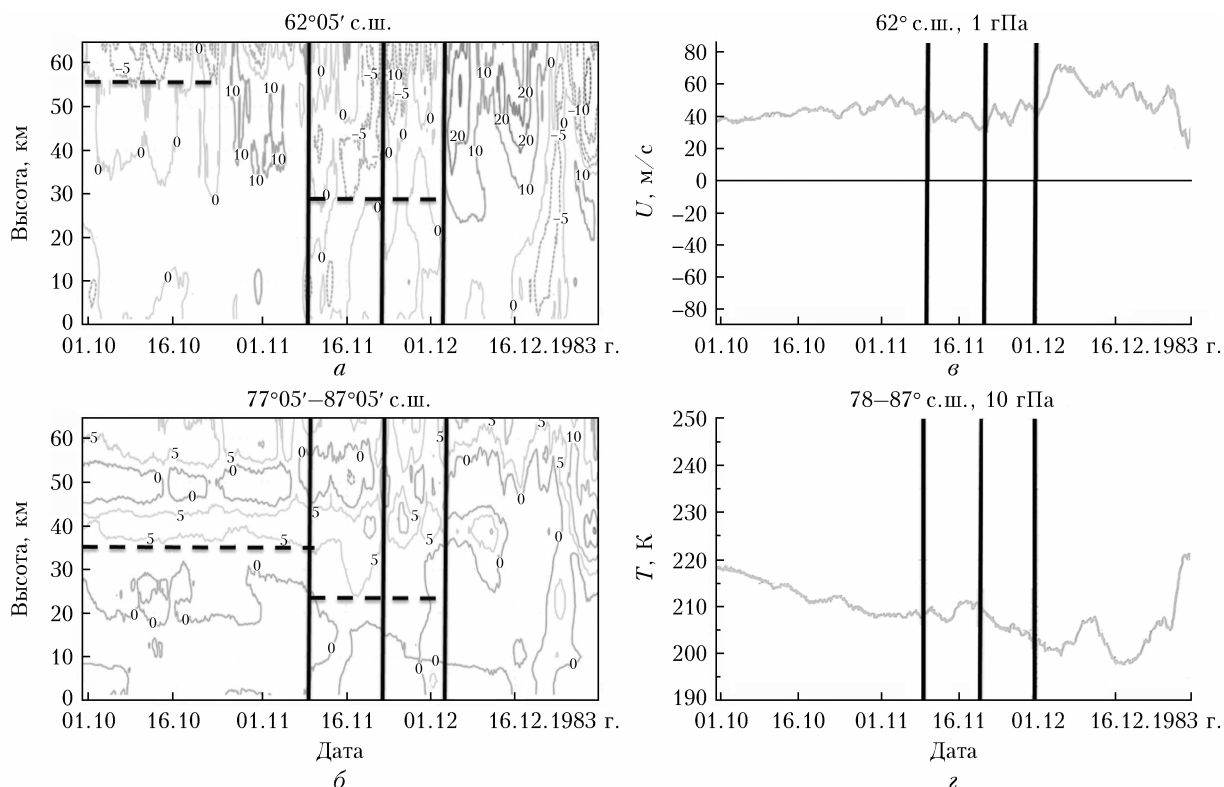


Рис. 3. То же, что и на рис. 1, для 1983 г.; горизонтальные пунктирные линии — минимальная высота аномалий

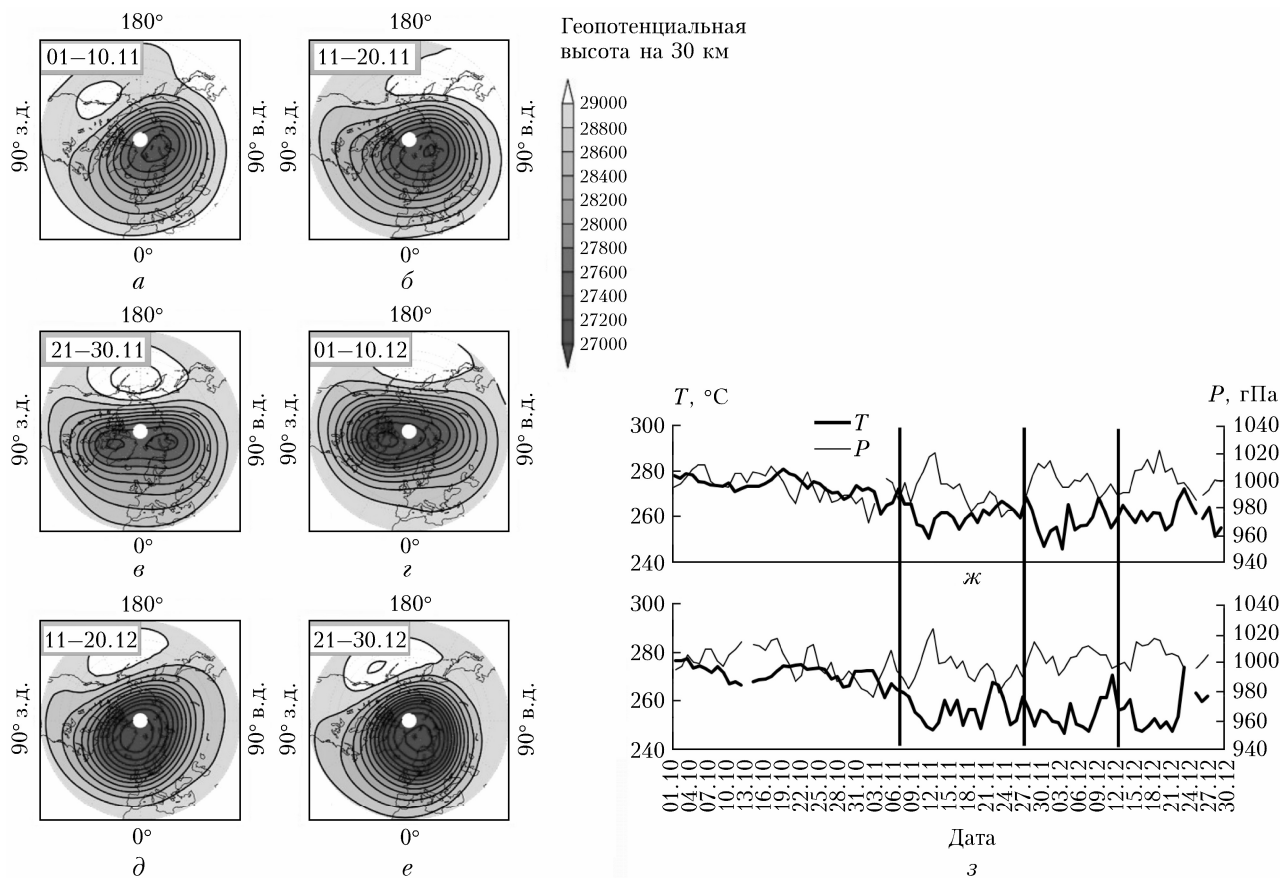


Рис. 4. То же, что и на рис. 1, для 1983 г. и ст. Нарьян-Мар (67,39° с.ш.; 53,01° в.д.) (ж) и Салехард (66,32° с.ш.; 66,32° в.д.) (з)

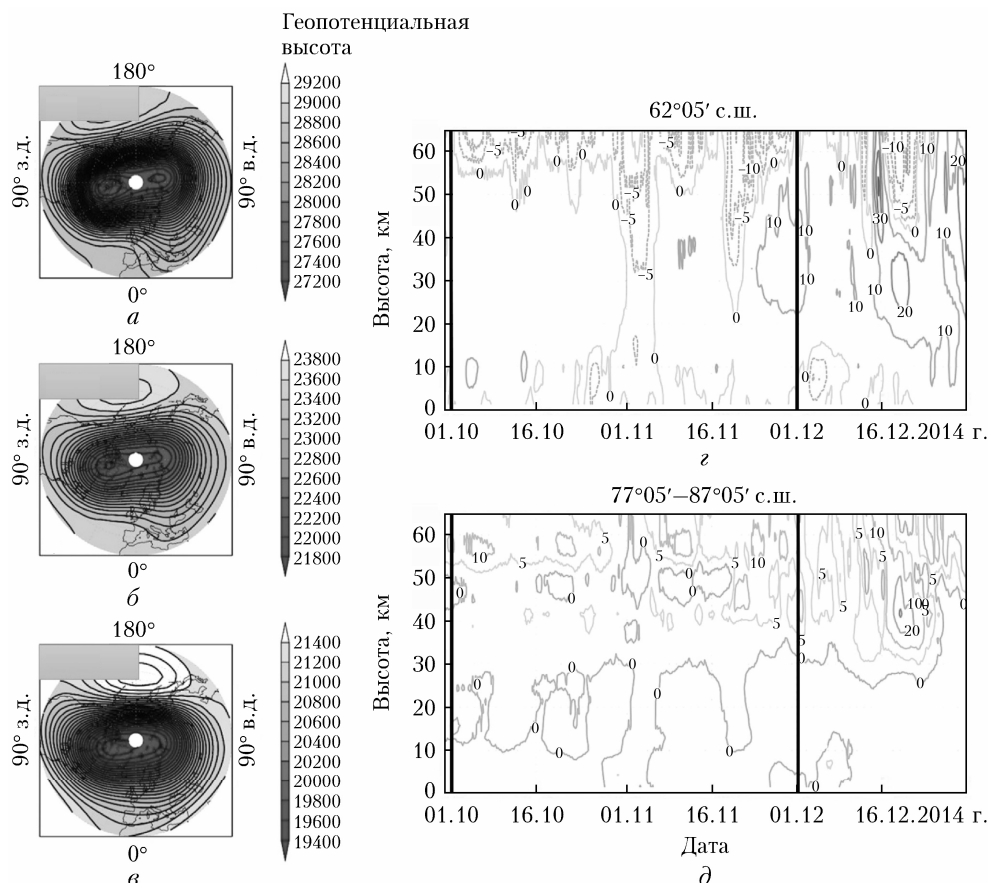


Рис. 5. Поле геопотенциальной высоты, осредненное за 01–10.12.1991 г., на высоте 20 (а) (частота изолиний 50 гп.м), 25 (б) и 30 км (в) (частота изолиний 100 гп.м); распределение с высотой отклонений среднезональной составляющей ветра от климатических значений (д) и аномалий температуры (е) в октябре – декабре 1991 г.

2.2. Отклик приземной температуры на раннее ВСП

Известно, что стратосферный полярный вихрь напрямую влияет на погоду и климат в тропосфере. Во время ВСП это влияние особенно проявляется. Результаты исследований [4, 5, 16] показали, что аномальная погода в Северной Европе, на Дальнем Востоке и в восточной части Соединенных Штатов следует за классическим ВСП. Несмотря на множество проведенных исследований влияния стратосферно-тропосферных взаимодействий на погоду, механизмы связи между стратосферными процессами и циркуляцией в тропосфере и стратосфере до сих пор остаются неясными [16].

Было выявлено, что как при классическом, так и при раннем ВСП полярный вихрь меняет свое местоположение и морфологию, что, в свою очередь, приводит к волнам холода на поверхности [4, 5]. Анализ температуры у поверхности был проведен на примере 2014 г. для трех станций в районе первого центра стратосферного полярного вихря, который располагался над Россией (Салехард, Туруханск, Норильск). Дополнительные три станции (аэропорт Резолют, Эврика, аэропорт Холл-Бич) были взяты на территории Канады, так как там наблюдался второй центр полярного вихря. На всех ис-

следуемых станциях во время расщепления полярного вихря произошло понижение температуры. В качестве примера приведены данные с двух станций – Туруханск и Норильск (см. рис. 2, ж, з). Раннее ВСП в 2014 г. фиксировалось с 20.11 по 01.12 (с момента роста среднезональной температуры и до возвращения ее значений на уровень до раннего ВСП), а приземная температура начала резко опускаться 13–14.11 и 25.11 достигла своего минимума $-42,3^{\circ}\text{C}$ в Туруханске и $-45,3^{\circ}\text{C}$ в Норильске. В данном случае приземная температура начала падать за несколько дней до стратосферного потепления. Это может быть связано с тем, что в конце октября уже наблюдалось усиление амплитуды планетарной волны с волновым числом 1 (ПВ1) до 1200 гп.м, а с 13.11 началось еще большее усиление, которое достигло 2400 гп.м 25–26.11 (рисунок не приводится).

Аналогичная ситуация прослеживается в другие годы. В 1983 г. (см. рис. 4) были выбраны ст. Нарьян-Мар и Салехард. По данным со станций заметно, что приземная температура понизилась 06–07.11. При этом отклонение U (5 м/с) фиксировалось начиная с 10.11, а аномалия T (5 К) – с первых чисел октября. На ст. Нарьян-Мар и в Салехарде температуры ниже -20°C наблюдались уже 12.11. Максимум усиления ПВ1 до 1600 гп.м,

которое началось 06.11 (рисунок не приводится), отмечается 12–15.11. Можно сделать вывод о том, что волны холода связаны не с самим ранним ВСП, а с усилением волновой активности, которое приводит к потеплению в стратосфере.

Заключение

Последствия ранних потеплений на динамику стратосферы возможно предсказать на основе анализа построенных вертикальных разрезов аномалий среднезональной температуры и зональной компоненты ветра. Реакция стратосферного полярного вихря на раннее ВСП разная в зависимости от значения отклонения или аномалии и глубины слоя, в котором она отмечается.

При отрицательном отклонении среднезональной компоненты ветра от климатических значений и при положительной аномалии температуры, начиная с верхних уровней тропосферы до 50–60 км, в большинстве случаев раннее ВСП будет сопровождаться стремлением стратосферного полярного вихря к расщеплению на высоте 20 км. При этом отклонение ветра должно составлять минимум 5–10 м/с, а аномалия температуры – 10 К ниже 30 км. В случае, когда отклонение среднезонального ветра и аномалия температуры расположены на высоких уровнях стратосферы (40 км и выше), отклик на раннее ВСП представляется в виде тенденции к смещению или вытягиванию полярного вихря. Отмечаются ситуации, когда отклонение зональной компоненты ветра и аномалия температуры опускаются ниже 30 км, но не происходит расщепления стратосферного полярного вихря. Во всех таких случаях аномалии не превышают 5 м/с для зональной компоненты ветра и 5 К для температуры.

Из 32 случаев ранних ВСП с 1980 по 2020 г. 15 были с тенденцией стратосферного полярного вихря к расщеплению, которое прослеживалось на высоте 20 км в 12 случаях. Также в период раннего ВСП, особенно с обращением зональной компоненты ветра, смещение местоположения или расщепление стратосферного полярного вихря может сопровождаться понижением температуры на поверхности в полярном регионе России (полуостров Таймыр, побережье Карского моря и район Колыского полуострова) и Канаде [17]. Однако понижение температуры воздуха у поверхности может отмечаться с момента повышения волновой активности, т.е. до начала роста температуры в стратосфере до двух недель. Следовательно, причины волн холода у поверхности не в самом ВСП, которое усиливает эффект похолодания у поверхности, а, вероятно, в усилении волновой активности, которая приводит к ослаблению стратосферного полярного вихря и, как следствие, к возникновению самого ВСП.

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке РНФ (грант № 23-77-30008) (<https://rscf.ru/project/23-77-30008>).

Список литературы

1. Woollings T., Charlton-Perez A., Ineson S., Marshall A.G., Masato G. Associations between stratospheric variability and tropospheric blocking // J. Geophys. Res. 2010. V. 115, N D6. P. 1–19.
2. Ambaum M.H.P., Hoskins B.J. The NAO troposphere-stratosphere connection // J. Clim. 2002. V. 15, N 14. P. 1–10.
3. Зоркальцева О.С., Антохина О.Ю., Антохин П.Н. Долговременная изменчивость параметров внезапных стратосферных потеплений по данным реанализа ERA5 // Оптика атмосф. и океана. 2023. Т. 36, № 3. С. 200–208; Zorkaltseva O.S., Antokhina O.Yu., Antokhin P.N. Long-term variations in parameters of sudden stratospheric warmings according to ERA5 reanalysis data // Atmos. Ocean. Opt. 2023. V. 36, N 4. P. 370–378.
4. Tomassini L., Gerbe E.P., Baldwin M.P., Bunzel F., Giorgetta M. The role of stratosphere–troposphere coupling in the occurrence of extreme winter cold spells over northern Europe // J. Adv. Model. Earth. Syst. 2012. V. 4, N M00A03. P. 1–14.
5. Kolstad E., Breiteig T., Scaife A. The association between stratospheric weak polar vortex events and cold air outbreaks in the Northern Hemisphere // Q. J. R. Meteorol. Soc. 2010. V. 136, N 649. P. 886–893.
6. Labitzke K. Interannual variability of the winter stratosphere in the 1586 Northern Hemisphere // Mon. Weather Rev. 1977. V. 105, N 6. P. 762–770.
7. Matthias V., Shepherd T.G., Hoffmann P., Rapp M. The Hiccup: A dynamical coupling process during the autumn transition in the Northern Hemisphere – similarities and differences to sudden stratospheric warmings // Ann. Geophys. 2015. V. 33. P. 199–206.
8. Matthias V., Hoffmann P., Rapp M., Baumgarten G., Composite analysis of the temporal development of waves in the polar MLT region during stratospheric warmings // J. Atmos. Sol.-Terr. Phys. 2012. V. 90, N 1. P. 86–96.
9. Didenko K.A., Pogoreltsev A.I., Ermakova T.S., Shved G.M. Nonlinear interactions of stationary planetary waves during February 2016 sudden stratospheric warming // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2019. V. 386. P. 012016.
10. Didenko K.A., Koval A.V., Ermakova T.S., Lifar V.D. Interactions of stationary planetary waves during winter 2008–2009 and 2018–2019 sudden stratospheric warmings // Proc. SPIE. 2022. V. 12341, N 1234175. P. 1–12.
11. Zorkaltseva O.S., Vasilyev R.V. Stratospheric influence on the mesosphere–lower thermosphere over mid latitudes in winter observed by a Fabry–Perot interferometer // Ann. Geophys. 2021. V. 39, N 1. P. 267–276.
12. Koval A.V., Chen W., Didenko K.A., Ermakova T.S., Gavrilov N.M., Pogoreltsev A.I., Toptunova O.N., Ke W., Yarusova A.N., Zarubin A.S. Modelling the residual mean meridional circulation at different stages of sudden stratospheric warming events // Ann. Geophys. 2021. V. 39. P. 357–368.
13. Onogi K., Tsutsui J., Koide H., Sakamoto M., Kobayashi S., Hatsushika H., Matsumoto T., Yamazaki N., Kamahor H., Takahashi K., Kadokura S., Wada K., Kato K., Oyama R., Ose T., Mannoji N., Taira R. The JRA-25 reanalysis // J. Meteor. Soc. Japan. 2007. V. 85, N 3. P. 369–432.
14. Gelaro R., McCarty W., Suárez M.J., Todling R., Molod A., Takacs L., Randles C., Darmenov A., Bosilovich M.G., Reichle R., Wargan K., Coy L., Cullather R., Draper C., Akella S., Buchard V., Conaty A., da Silva A., Gu W., Kim G.-K., Koster R.,

- Lucchesi R., Merkova D., Nielsen J.E., Partyka G., Pawson S., Putman W., Rienecker M., Schubert S.D., Sienkiewicz M., Zhao B.* The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2) // *J. Clim.* 2017. V. 30, N 14. P. 5419–5454.
15. *Архив* данных радиозондирования атмосферы университета Вайоминга. URL: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (дата обращения: 16.02.2023).
16. *Baldwin M.P., Ayarzagüena B., Birner T., Butchart N., Butler A.H., Charlton-Perez A.J., Domeisen D.I.V., Garfinkel C.I., Garny H., Gerber E.P., Hegglin M.I., Langematz U., Pedatella N.M.* Sudden stratospheric warmings // *Rev. Geophys.* 2021. V. 59, N 1. P. 1–37.
17. *Huang J., Hitchcock P., Maycock A.C., McKenna C.M., Tian W.* Northern hemisphere cold air outbreaks are more likely to be severe during weak polar vortex conditions // *Commun. Earth Environ.* 2012. V. 2, N 147. P. 2662–4435.

A.A. Okulichева, T.S. Ermakova. **Polar stratosphere dynamics during early sudden stratospheric warmings.**

Sudden stratospheric warming (SSW) significantly impacts the weather in the troposphere and the dynamics of the upper atmosphere. The definition of SSWs and their classifications have been formulated for a long time. However, early (in November – the first half of December) SSW are understudied. In this work, the effect of early SSWs on the stratospheric polar vortex is studied based on JRA-55 and Merra2 reanalysis data. Early SSWs are determined in two ways: in terms of zonal average temperature and of zonal wind component with and without the climatic component. The polar vortex response to SSW is represented by the geopotential height field. The variations in the surface temperature and surface pressure during the displacement and splitting of the stratospheric polar vortex during an early SSW are also analyzed based on sounding data at polar stations in different continents.