

РЕЦЕНЗИЯ № 2

на статью «ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ТПО В ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ЗОНЕ ТИХОГО ОКЕАНА НА ТРОПОСФЕРНО-СТРАТОСФЕРНУЮ ДИНАМИКУ В ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ»

авторского коллектива: Д. А. Собаева, Ю. А. Зюлева, С. К. Гулев

Этап № 1.

Представленные материалы соответствуют тематике журнала по направлению «Климат». В работе исследуется влияние канонических событий Эль-Ниньо и усиленных событий Эль-Ниньо Модоки на арктический стратосферный полярный вихрь. Исследование влияния Эль-Ниньо – Южного колебания – на климатическую изменчивость Арктики актуально. В Арктике наблюдаются наиболее заметные изменения климата на Земле – арктическое усиление, а также существенная межгодовая климатическая изменчивость.

Показано, что канонические события Эль-Ниньо и усиленные события Эль-Ниньо Модоки приводят к различной степени ослабления арктического стратосферного полярного вихря. Название статьи и аннотация не полностью соответствуют содержанию работы (см. замечания).

Обзор состояния проблемы неполный – его следует увеличить. В обзор предлагается добавить публикацию [Ermakova T. S.; Koval A. V.; Smyshlyaev S. P.; Didenko K. A.; Aniskina O. G.; Savenkova E. N.; Vinokurova E. V. Manifestations of Different El Niño Types in the Dynamics of the Extratropical Stratosphere. *Atmosphere* 2022, 13, 2111. <https://doi.org/10.3390/atmos13122111>], результаты которой во многом перекликаются с полученными в рецензируемой работе.

Основным замечанием к рецензируемой работе является сравнение влияния равных по амплитуде аномалий температуры поверхности океана (ТПО) – аномалий ТПО при одном из самых сильных канонических событий Эль-Ниньо (1997/1998 гг.), с аномалиями ТПО при Эль-Ниньо Модоки (1994/1995 гг.) увеличенными в несколько раз по сравнению с реальными. Строки 145–149: «Для более точного сравнения влияния двух типов Эль-Ниньо на динамику стратосферы, необходимо, чтобы увеличенные амплитуды аномалий ТПО, соответствующих двум типам Эль-Ниньо, были одного порядка. Для этого амплитуды аномалий ТПО, соответствующих Эль-Ниньо Модоки, были умножены на коэффициент 5.4 и добавлены к ТПО AMIP».

Одной из особенностей произошедших и инструментально зафиксированных событий Эль-Ниньо Модоки (central Pacific El Niños) является то, что при них наблюдались аномалии ТПО в центре экваториального района Тихого океана существенно меньшие по амплитуде, чем аномалии ТПО в центрально-восточном экваториальном районе Тихого океана при сильных канонических событиях Эль-Ниньо (eastern Pacific El Niños) [Capotondi, A., and Coauthors, 2015: Understanding ENSO Diversity. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 96, 921–938, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00117.1>]. Поэтому, если и «необходимо, чтобы увеличенные амплитуды аномалий ТПО, соответствующих двум типам Эль-Ниньо, были одного порядка», то следовало бы сравнивать влияние аномалий ТПО при событиях Эль-Ниньо Модоки с влиянием аномалий ТПО при слабых канонических событиях Эль-Ниньо, а не увеличивать аномалии ТПО Эль-Ниньо Модоки в несколько раз, поскольку это могло исказить результаты из-за нелинейности отклика на изменение величины этих аномалий.

Авторам следует более подробно объяснить, в чем смысл искусственного завышения аномалий ТПО при событиях Модоки до уровня самых сильных канонических событий Эль-Ниньо, поскольку такие высокие аномалии ТПО не зафиксированы при событиях Эль-Ниньо Модоки за всю историю инструментальных наблюдений. Сейчас

представляется, что такое завышение является не вполне оправданным, поскольку отклик атмосферы внутритропических широт на изменение величины амплитуды, связанных с Эль-Ниньо аномалий ТПО в тропиках Тихого океана, является нелинейным. И завышенные амплитуды аномалий ТПО событий Эль-Ниньо в модельных экспериментах дают результаты, которые нельзя без проверки экстраполировать на реальные амплитуды. Чтобы результаты модельных экспериментов не были идеализированными, можно попробовать не завышать амплитуды аномалий ТПО и отказаться от принципа, что «Для более точного сравнения влияния двух типов Эль-Ниньо на динамику стратосферы необходимо, чтобы увеличенные амплитуды аномалий ТПО, соответствующих двум типам Эль-Ниньо, были одного порядка». Это позволит исследовать влияние аномалий ТПО с амплитудами, реально характерными для двух типов Эль-Ниньо. При этом можно разделить канонические события Эль-Ниньо на «слабые», с аномалиями ТПО, сопоставимыми с аномалиями ТПО при Эль-Ниньо Модоки, и на «сильные», с аномалиями ТПО, существенно превосходящими аномалии ТПО при Эль-Ниньо Модоки. Но поскольку это потребует проведения новых модельных экспериментов, то данное замечание является скорее пожеланием на будущее.

Менее существенные замечания, которые можно исправить без новых экспериментов:

1. *Строки 3–5:* Название «РАЗЛИЧИЯ ТРОПОСФЕРНО-СТРАТОСФЕРНОЙ ДИНАМИКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ КАНОНИЧЕСКОГО ЭЛЬ-НИНЬО И ЭЛЬ-НИНЬО МОДОКИ В ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ» следовало бы изменить на «РАЗЛИЧИЯ ТРОПОСФЕРНО-СТРАТОСФЕРНОЙ ДИНАМИКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ КАНОНИЧЕСКОГО ЭЛЬ-НИНЬО И УСИЛЕННОГО ЭЛЬ-НИНЬО МОДОКИ В ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ», чтобы оно лучше соответствовало содержанию работы.

2. *Строки 15–18:* «При равных по амплитуде аномалиях ТПО, в экспериментах с граничными условиями, соответствующими Эль-Ниньо Модоки (ЭНМ), вихрь за зимний период (ноябрь–март) в среднем на 50 % слабее относительно контрольного эксперимента, а в экспериментах, соответствующих каноническому Эль-Ниньо (КЭН), – на 40 %». Граничные условия амплитуд ТПО в произведённых экспериментах Эль-Ниньо Модоки не соответствуют реальным (зафиксированным инструментально) событиям Эль-Ниньо Модоки, а увеличены в несколько раз. Это нужно четко указать в аннотации, чтобы она соответствовала содержанию работы.

3. *Строка 34:* Добавить тире в «Эль-Ниньо Южное Колебание». Должно быть «Эль-Ниньо – Южное Колебание».

4. *Строки 36–38:* «Теплая фаза ЭНЮК – Эль-Ниньо – характеризуется распространением аномально теплых приповерхностных вод из восточной части экваториального Тихого океана в западную». При Эль-Ниньо положительные аномалии ТПО распространяются вдоль экватора из западной части Тихого океана в восточную в виде волн Кельвина.

5. *Строка 150:* После «внезапных стратосферных потеплений» следует указать аббревиатуру «(ВСП)» поскольку она встречается в дальнейшем.

6. *Строка 196:* «находится на 60° в. д.», при этом на Рис. 2 шкалы обозначены как «Широта» со значениями от 0° до 360°. Нужно на Рис. 2 исправить подписи шкал на «Долгота».

7. *Строки 324–326:* По всей видимости это является основным результатом работы: «Каноническое Эль-Ниньо, Эль-Ниньо Модоки и Ла-Нинья ослабляют вихрь, при этом наиболее сильный эффект оказывает Эль-Ниньо Модоки». И этот результат выглядит довольно спорным, поскольку, согласно ему, стратосферный полярный вихрь (СПВ) ослабляют как события Эль-Ниньо, так и события Ла-Нинья (ЛН). Требуется дополнительно пояснить каким образом аномалии ТПО противоположного знака в тропиках Тихого океана (события Эль-Ниньо и Ла-Нинья) оказывают однонаправленное (ослабляющее, но в разной степени) воздействие на СПВ.

8. *Строки 325–326:* В «при этом наиболее сильное эффект оказывает Эль-Ниньо Модоки» «сильное» исправить на «сильный» и добавить, что Эль-Ниньо Модоки было усиленно. То есть должно получиться что-то вроде: «при этом наиболее сильный эффект оказывает усиленное Эль-Ниньо Модоки», что наводит на предположение, что Эль-Ниньо Модоки оказывает наиболее сильный эффект в проведенных экспериментах, поскольку было искусственно усилено. Так ли это? Или реальные события Эль-Ниньо Модоки с аномалиями ТПО по амплитуде меньшими, чем при канонических Эль-Ниньо, ослабляют СПВ сильнее, чем канонические Эль-Ниньо? В работу следует добавить если не ответ на этот вопрос, то хотя бы его обсуждение.

9. *Строка 420:* «Дис. ... докт. географических наук» исправить на «Дис. ... канд. географических наук».

Работа может быть опубликована после незначительной доработки.

Подпись. Рецензент № 2. 01.02.2024.

От редакции: рецензия была направлена авторскому коллективу.

Ответ рецензенту № 2 на Рецензию от 01.02.2024 на статью авторского коллектива: Д. А. Собаева, Ю. А. Зюляева, С. К. Гулев «ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ТПО В ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ЗОНЕ ТИХОГО ОКЕАНА НА ТРОПОСФЕРНО-СТРАТОСФЕРНУЮ ДИНАМИКУ В ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ».

Благодарим рецензента за подробный отзыв, оставленный о нашей статье, а также за интересные и важные советы, в том числе и для дальнейших исследований. Также благодарим Вас за время, уделенное рецензированию статьи. Мы согласны с вашими замечаниями, которые только улучшили нашу работу, мы внесли соответствующие изменения в текст статьи. Надеемся, что внесенные корректировки покажутся Вам удовлетворительными.

Рецензент: *Представленные материалы соответствуют тематике журнала по направлению климат. В работе исследуется влияние канонических событий Эль-Ниньо и усиленных событий Эль-Ниньо Модоки на арктический стратосферный полярный вихрь. Исследование влияния Эль-Ниньо – Южного колебания на климатическую изменчивость Арктики актуально. В Арктике наблюдаются наиболее заметные изменения климата на Земле – арктическое усиление, а также существенная межгодовая климатическая изменчивость.*

Показано, что канонические события Эль-Ниньо и усиленные события Эль-Ниньо Модоки приводят к различной степени ослабления арктического стратосферного полярного вихря. Название статьи и аннотация не полностью соответствуют содержанию работы (см. замечания).

Обзор состояния проблемы не полный – его следует увеличить. В обзор предлагается добавить публикацию [Ertakova, T.S.; Koval, A.V.; Smyshlyaev, S.P.; Didenko, K.A.; Aniskina, O.G.; Savenkova, E.N.; Vinokurova, E.V. Manifestations of Different El Niño Types in the Dynamics of the Extratropical Stratosphere. Atmosphere 2022, 13, 2111. <https://doi.org/10.3390/atmos13122111>], результаты которой во многом перекликаются с полученными в рецензируемой работе.

Основным замечанием к рецензируемой работе является сравнение влияния равных по амплитуде аномалий температуры поверхности океана (ТПО) – аномалий ТПО при одном из самых сильных канонических событий Эль-Ниньо (1997/1998 гг.), с аномалиями ТПО при Эль-Ниньо Модоки (1994/1995 гг.) увеличенными в несколько раз по сравнению с реальными. Строки 145-149: «Для более точного сравнения влияния двух типов Эль-Ниньо на динамику стратосферы, необходимо, чтобы увеличенные амплитуды аномалий ТПО, соответствующих двум типам Эль-Ниньо, были одного порядка. Для этого, амплитуды аномалий ТПО, соответствующих Эль-Ниньо Модоки были умножены на коэффициент 5.4 и добавлены к ТПО AMIP.»

Одной из особенностей произошедших и инструментально зафиксированных событий Эль-Ниньо Модоки (central Pacific El Niños) является то, что при них наблюдались аномалии ТПО в центре экваториального района Тихого океана существенно меньшие по амплитуде, чем аномалии ТПО в центрально-восточном экваториальном районе Тихого океана при сильных канонических событиях Эль-Ниньо (eastern Pacific El Niños) [Capotondi, A., and Coauthors, 2015: Understanding ENSO Diversity. Bull. Amer. Meteor. Soc., 96, 921–938, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00117.1>]. Поэтому, если и «необходимо, чтобы увеличенные амплитуды аномалий ТПО, соответствующих двум типам Эль-Ниньо, были одного порядка»,

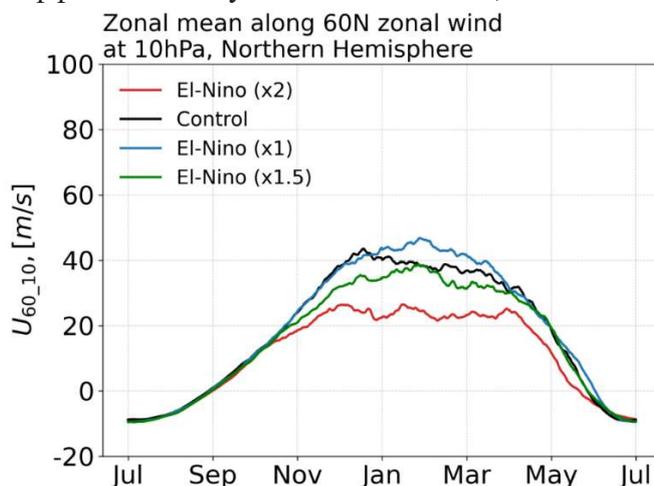
то следовало бы сравнивать влияние аномалий ТПО при событиях Эль-Ниньо Модоки с влиянием аномалий ТПО при слабых канонических событиях Эль-Ниньо, а не увеличивать аномалии ТПО Эль-Ниньо Модоки в несколько раз, поскольку это могло исказить результаты из-за нелинейности отклика на изменение величины этих аномалий.

Авторам следует более подробно объяснить, в чем смысл искусственного завышения аномалий ТПО при событиях Модоки до уровня самых сильных канонических событий Эль-Ниньо, поскольку такие высокие аномалии ТПО не зафиксированы при событиях Эль-Ниньо Модоки за всю историю инструментальных наблюдений. Сейчас представляется, что такое завышение является не вполне оправданным, поскольку отклик атмосферы внетропических широт на изменение величины амплитуды, связанных с Эль-Ниньо аномалий ТПО в тропиках Тихого океана, является нелинейным. И завышенные амплитуды аномалий ТПО событий Эль-Ниньо в модельных экспериментах дают результаты, которые нельзя без проверки экстраполировать на реальные амплитуды. Чтобы результаты модельных экспериментов не были идеализированными, можно попробовать не завышать амплитуды аномалий ТПО и отказаться от принципа, что «Для более точного сравнения влияния двух типов Эль-Ниньо на динамику стратосферы, необходимо, чтобы увеличенные амплитуды аномалий ТПО, соответствующих двум типам Эль-Ниньо, были одного порядка». Это позволит исследовать влияние аномалий ТПО с амплитудами реально характерными для двух типов Эль-Ниньо. При этом можно разделить канонические события Эль-Ниньо на «слабые», с аномалиями ТПО сопоставимыми с аномалиями ТПО при Эль-Ниньо Модоки, и на «сильные», с аномалиями ТПО существенно превосходящими аномалии ТПО при Эль-Ниньо Модоки. Но поскольку это потребует проведения новых модельных экспериментов, то данное замечание является скорее пожеланием на будущее.

Авторы: Благодарим за дополнение нашего литературного обзора данной статьей. Мы добавили ее в раздел Введение.

Благодарим рецензента за замечание касательно усиления амплитуд ТПО в экваториальной зоне Тихого океана. В данной работе были увеличены как амплитуды ТПО, соответствующие Эль-Ниньо Модоки, так и амплитуды ТПО, соответствующие каноническому Эль-Ниньо. Основное различие заключается в коэффициенте увеличения амплитуд: для канонического Эль-Ниньо этот коэффициент составляет 2, для Эль-Ниньо Модоки – 5.4.

Для экспериментов с граничными условиями Эль-Ниньо мы провели эксперименты на чувствительность с коэффициентами увеличения ТПО: 1, 1.5 и 2.



Как видно из рисунка, при (ТПО x 1) не наблюдается значимого ответа СПВ. При увеличении ТПО в 1.5 раз наблюдается слабое ослабление вихря ранней зимой (ноябрь-декабрь) и в марте. При этом удвоение ТПО, соответствующих каноническому Эль-Ниньо, приводят к ослаблению интенсивности СПВ на всем зимнем периоде. Поэтому, для более выраженного эффекта, мы использовали увеличенные ТПО.

Так как в наших экспериментах аномалии ТПО, соответствующие фазам ЭНЮК, были увеличены, полученные количественные результаты могут быть не показательными. С качественной точки зрения отклик тропосферной динамики на аномалии ТПО в центральной и восточной частях экваториальной зоны Тихого океана может быть вполне реалистичным и выражаться в усилении моды Тихоокеанского-северо-американского колебания (PNA).

Рецензент: Менее существенные замечания, которые можно исправить без новых экспериментов:

1. Строки 3-5: Название «РАЗЛИЧИЯ ТРОПОСФЕРНО-СТРАТОСФЕРНОЙ ДИНАМИКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ КАНОНИЧЕСКОГО ЭЛЬ-НИНЬО И ЭЛЬ-НИНЬО МОДОКИ В ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ» следовало бы изменить на «РАЗЛИЧИЯ ТРОПОСФЕРНО-СТРАТОСФЕРНОЙ ДИНАМИКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ КАНОНИЧЕСКОГО ЭЛЬ-НИНЬО И УСИЛЕННОГО ЭЛЬ-НИНЬО МОДОКИ В ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ», чтобы оно лучше соответствовало содержанию работы.

Авторы: Благодарим рецензента за комментарии по поводу названия статьи, мы его изменили и считаем, что новый вариант более соответствует содержанию статьи.

Было: «Различия тропосферно-стратосферной динамики под влиянием канонического Эль-Ниньо и Эль-Ниньо Модоки в идеализированных модельных экспериментах».

Стало: «Влияние локализации положительных аномалий ТПО в экваториальной зоне Тихого океана на тропосферно-стратосферную динамику в идеализированных модельных экспериментах».

Рецензент: 2. Строки 15-18: «При равных по амплитуде аномалиях ТПО, в экспериментах с граничными условиями, соответствующими Эль-Ниньо Модоки (ЭНМ), вихрь за зимний период (ноябрь–март) в среднем на 50 % слабее относительно контрольного эксперимента, а в экспериментах, соответствующих каноническому Эль-Ниньо (КЭН), – на 40 %». Граничные условия амплитуд ТПО в произведённых экспериментах Эль-Ниньо Модоки не соответствуют реальным (зафиксированным инструментально) событиям Эль-Ниньо Модоки, а увеличены в несколько раз. Это нужно четко указать в аннотации, чтобы она соответствовала содержанию работы.

Авторы: Благодарим за данное важное замечание, мы согласны с тем, что это нужно указать в аннотации и добавили следующее предложение: «В экспериментах аномалии ТПО были увеличены относительно данных наблюдений».

Рецензент: 3. Строка 34: Добавить тире в «Эль-Ниньо Южное Колебание». Должно быть «Эль-Ниньо – Южное Колебание».

Авторы: Благодарим рецензента за данное замечание, в тексте статьи исправили данное название.

Рецензент: 4. Строки 36-38: «Теплая фаза ЭНЮК – Эль-Ниньо – характеризуется распространением аномально теплых приповерхностных вод из восточной части экваториального Тихого океана в западную». При Эль-Ниньо положительные аномалии ТПО распространяются вдоль экватора из западной части Тихого океана в восточную в виде волн Кельвина.

Авторы: Благодарим за данную корректировку, в тексте статьи предложение исправлено:

«Теплая фаза ЭНЮК – Эль-Ниньо – характеризуется распространением аномально теплых приповерхностных вод из западной части экваториального Тихого океана в восточную».

Рецензент: 5. Строка 150: После «внезапных стратосферных потеплений» следует указать аббревиатуру «(ВСП)» поскольку она встречается в дальнейшем.

Авторы: Благодарим за данное замечание, соответствующие изменения были внесены:

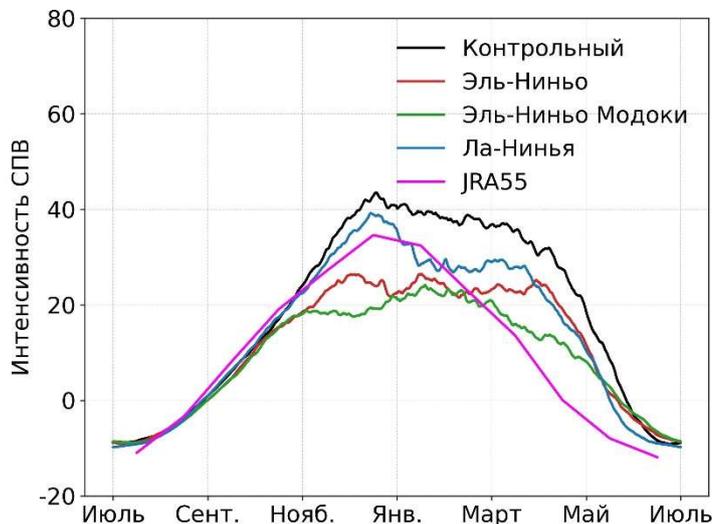
«В анализе внезапных стратосферных потеплений (ВСП)...»

Рецензент: 6. Строка 196: «находится на 60° в. д.», при этом на Рис. 2 шкалы обозначены как «Широта» со значениями от 0° до 360°. Нужно на Рис. 2 исправить подписи шкал на «Долгота».

Авторы: Благодарим за данное исправление, подпись шкалы на рис. 2 исправлена на «Долгота».

Рецензент: 7. Строки 324-326: По всей видимости это является основным результатом работы: «Каноническое Эль-Ниньо, Эль-Ниньо Модоки и Ла-Нинья ослабляют вихрь, при этом наиболее сильное эффект оказывает Эль-Ниньо Модоки.». И этот результат выглядит довольно спорным, поскольку согласно ему стратосферный полярный вихрь (СПВ) ослабляют, как и события Эль-Ниньо, так и события Ла-Нинья (ЛН). Требуется дополнительно пояснить каким образом аномалии ТПО противоположного знака в тропиках Тихого океана (события Эль-Ниньо и Ла-Нинья) оказывают однонаправленное (ослабляющее, но в разной степени) воздействие на СПВ.

Авторы:



Современные исследования показывают, что при Эль-Ниньо наблюдается ослабление интенсивности СПВ, а при Ла-Нинья – усиление, но гораздо меньшей амплитуды (van Loon and Labitzke, 1987; Labitzke and van Loon, 1989; Taguchi and Hartmann, 2006; Garfinkel et al, 2012). В данной работе интенсивность СПВ ослабляется при Ла-Нинья и при Эль-Ниньо относительно контрольного эксперимента. При этом, как видно из рисунка, интенсивность СПВ в контрольном эксперименте гораздо выше средней интенсивности по данным реанализа JRA55. Интенсивность вихря в эксперименте ЛН в среднем выше, чем по данным JRA55.

Некоторые современные модельные исследования показывают, что частота ВСП на фоне Эль-Ниньо выше, чем на фоне Ла-Нинья (Taguchi and Hartmann, 2006). С другой стороны, как модельные, так и исследования по данным наблюдений, показывают, что частота ВСП на фоне Эль-Ниньо и на фоне Ла-Нинья совпадает (Butler and Polvani, 2011; Garfinkel et al., 2012; Weinberger et al., 2019) и выше, чем в года нейтральной фазы (Butler and Polvani, 2011).

Данное обсуждение добавлено в текст статьи.

Van Loon H., Labitzke K. The Southern Oscillation. Part V: The anomalies in the lower stratosphere of the Northern Hemisphere in winter and a comparison with the quasi-biennial oscillation // Monthly Weather Review. 1987. Т. 115. №. 2. С. 357-369.

Labitzke K., Van Loon H. The Southern Oscillation. Part IX: The influence of volcanic eruptions on the Southern Oscillation in the stratosphere // Journal of climate. 1989. С. 1223-1226.

Taguchi M., Hartmann D. L. Increased occurrence of stratospheric sudden warmings during El Niño as simulated by WACCM // Journal of climate. 2006. Т. 19. №. 3. С. 324-332.

Garfinkel C. I. et al. Why might stratospheric sudden warmings occur with similar frequency in El Niño and La Niña winters? // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2012. Т. 117. №. D19.

Butler A. H., Polvani L. M. El Niño, La Niña, and stratospheric sudden warmings: A reevaluation in light of the observational record // Geophysical Research Letters. 2011. Т. 38. №. 13.

Weinberger I. et al. The salience of nonlinearities in the boreal winter response to ENSO: Arctic stratosphere and Europe // *Climate dynamics*. 2019. Т. 53. С. 4591-4610.

Рецензент: 8. Строки 325-326: В «при этом наиболее сильный эффект оказывает Эль-Ниньо Модоки» «сильное» исправить на «сильный» и добавить, что Эль-Ниньо Модоки было усилено. То есть должно получиться что-то вроде: «при этом наиболее сильный эффект оказывает усиленное Эль-Ниньо Модоки», что наводит на предположение, что Эль-Ниньо Модоки оказывает наиболее сильный эффект в проведенных экспериментах, поскольку было искусственно усилено. Так ли это? Или реальные события Эль-Ниньо Модоки с аномалиями ТПО по амплитуде меньше, чем при канонических Эль-Ниньо, ослабляют СПВ сильнее, чем канонические Эль-Ниньо? В работу следует добавить если не ответ на этот вопрос, то хотя бы его обсуждение.

Авторы:

Благодарим за этот комментарий. В текст статьи мы добавили следующее обсуждение:

«Таким образом, влияние положительных аномалий ТПО, локализация которых соответствует фазам ЭНЮК, не симметрично как по воздействию, так и по интенсивности. Во всех экспериментах (КЭН, ЭНМ, ЛН) наблюдается ослабление вихря относительно контрольного эксперимента, но при этом наиболее сильный эффект оказывают положительные аномалии ТПО в центральной части экваториальной зоны Тихого океана, которые по пространственной структуре соответствует событию Эль-Ниньо Модоки».

Рецензент: 9. Строка 420: «Дис. ... докт. географических наук» исправить на «Дис. ... канд. географических наук».

Авторы:

Благодарим рецензента за данное исправление, теперь ссылка в списке литературы указана правильно:

Железнова И. В. Отклик в системе океан–атмосфера на каноническое Эль-Ниньо и Эль-Ниньо Модоки: Дис. ... канд. географических наук: 25.00.30. М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2015. 264 с.

С уважением, авторский коллектив. 16.02.2024.

От редакции: ответ и доработанная версия статьи были направлены редакцией рецензенту.

Этап № 2.

Авторы работы частично исправили замечания, сделанные в предыдущей рецензии. Работу можно публиковать в представленном виде. Но добавление обсуждения следующего заключения, которое следует из результатов рецензируемой работы, повысит доверие к полученным результатам.

На основании того, что:

1. Используемая программная среда для моделирования глобальной циркуляции атмосферы Isca не воспроизводит значимого отклика стратосферного полярного вихря (СПВ) на реальные аномалии температуры поверхности океана (ТПО), наблюдаемые при событиях Эль-Ниньо и Ла-Нинья, а демонстрирует такой отклик только на увеличенные в два и более раз амплитуды аномалий ТПО.

2. Isca демонстрирует ослабление СПВ в качестве отклика как на положительные аномалии ТПО в тропиках Тихого океана при событиях Эль-Ниньо, так и на отрицательные аномалии ТПО в тропиках Тихого океана при событиях Ла-Нинья.

3. Интенсивность СПВ в контрольном эксперименте с использованием Isca гораздо выше средней интенсивности СПВ по данным реанализа JRA55.

Можно заключить, что использованная в работе программная среда для моделирования глобальной циркуляции атмосферы Isca не удовлетворительно воспроизводит как сам СПВ, так и отклик СПВ на Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК). И для исследования такого отклика лучше использовать другие модели. Например, в работе [Hu, J., Shen, Y., Deng, J., Jia, Y., Wang, Z., Li, A. Revisiting the Influence of ENSO on the Arctic Stratosphere in CMIP5 and CMIP6 Models. Atmosphere. 2023, 14, 785. <https://doi.org/10.3390/atmos14050785>] такое исследование произведено на основе результатов моделей CMIP5 и CMIP6, и показано, что при не удвоенных, а близких к реальным, положительных аномалиях ТПО (Эль-Ниньо) – СПВ ослабевает, а при отрицательных аномалиях ТПО (Ла-Нинья) – СПВ усиливается. Таким образом, модели CMIP5 и CMIP6 демонстрируют отклик СПВ на ЭНЮК существенно отличающийся от тех результатов, которые получены в рецензируемой работе с использованием Isca.

Если авторам рецензируемой работы удастся как-то сгладить это впечатление от Isca, которое сейчас создается после прочтения рукописи, то доверие к полученным в работе результатам существенно повысится.

Подпись. Рецензент № 2. 19.02.2024.

От редакции: повторная рецензия была направлена авторскому коллективу.

Ответ рецензенту № 2 на Повторную Рецензию от 19.02.2024 на статью авторского коллектива: Д. А. Собаева, Ю. А. Зюляева, С. К. Гулев «ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ТПО В ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ЗОНЕ ТИХОГО ОКЕАНА НА ТРОПОСФЕРНО-СТРАТОСФЕРНУЮ ДИНАМИКУ В ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ».

Рецензент: *Авторы работы частично исправили замечания, сделанные в предыдущей рецензии. Работу можно публиковать в представленном виде. Но добавление обсуждения следующего заключения, которое следует из результатов рецензируемой работы, повысит доверие к полученным результатам.*

Авторы: Благодарим рецензента за уточнение замечаний, так как нам казалось, что мы учли все замечания с первой рецензии. Ниже мы постарались подробно прокомментировать обсуждение, предложенное рецензентом.

Рецензент: *На основании того, что:*

1. *Использованная программная среда для моделирования глобальной циркуляции атмосферы Isca не воспроизводит значимого отклика стратосферного полярного вихря (СПВ) на реальные аномалии температуры поверхности океана (ТПО), наблюдаемые при событиях Эль-Ниньо и Ла-Нинья, а демонстрирует такой отклик только на увеличенные в два и более раз амплитуды аномалий ТПО.*

Авторы: Валидация модели была проведена и описана в статье (Sobaeva et al., 2023), где были названы возможные причины различий, присутствующих между контрольным экспериментом и данными наблюдений по реанализу JRA-55. В связи с этим, во избежание повторений в рецензируемой статье валидация модели опущена. Кроме того, хотелось бы отметить, что данная платформа была не раз использована для моделирования атмосфер планет (Geen et al., 2018; Barpanda, Shaw, 2020; Zurita-Gotor, Held, 2021), и, в частности, для моделирования отклика атмосферы Земли на ЭНЮК (Thomson, Vallis, 2018; Jiménez-Esteve, Domeisen, 2020).

Sobaeva D., Zyulyaeva Y., Gulev S. ENSO and PDO Effect on Stratospheric Dynamics in Isca Numerical Experiments // Atmosphere. 2023. Vol. 14. No. 3(459).

Geen R., Lambert F. H., Vallis G. K. Regime change behavior during Asian monsoon onset // Journal of Climate. 2018. Vol. 31. No. 8. P. 3327-3348.

Barpanda P., Shaw T. A. Surface fluxes modulate the seasonality of zonal-mean storm tracks // *Journal of the Atmospheric Sciences*. 2020. Vol. 77. No. 2. P. 753-779.

Zurita-Gotor P., Held I. M. Westward-propagating Rossby modes in idealized GCMs // *Journal of the Atmospheric Sciences*. 2021. Vol. 78. No. 5. P. 1503-1522.

Thomson S. I., Vallis G. K. Atmospheric response to SST anomalies. Part I: Background-state dependence, teleconnections, and local effects in winter // *Journal of the Atmospheric Sciences*. 2018. Vol. 75. No. 12. P. 4107–4124.

Jiménez-Esteve B., Domeisen D. I. V. Nonlinearity in the tropospheric pathway of ENSO to the North Atlantic // *Weather and Climate Dynamics*. 2020. Vol. 1. No. 1. P. 225-245.

Далее хотелось бы отметить, что модель на платформе Isca является несовместной моделью атмосферы и океана, и данные ТПО в ней задаются в качестве граничных условий, повторяющихся из года в год. В упомянутой рецензентом статье (Hu et al., 2023) речь идет о совместных моделях, реализующих другие процессы. В нашем случае задачей было определить различие в отклике атмосферной динамики на локализацию положительных аномалий ТПО в экваториальной зоне Тихого океана, так как она является источником генерации планетарных волн. Мы использовали подход идеализированного моделирования. При этом, качественный отклик на Эль-Ниньо в данной модели совпадает с данными наблюдений, как в крупномасштабной циркуляции: усиление Тихоокеанской-Северо-американской моды, теплый и ослабленный СПВ, так и в отклике шторм-треков в тропосфере на экстремальные состояния СПВ (Зюляева и др., 2023).

Зюляева Ю. А., Собаева Д. А., Гулев С. К. Отклик тропосферной динамики на экстремальные состояния стратосферного полярного вихря в различные фазы ЭНЮК в идеализированных модельных экспериментах // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2023. Т. 59. № 6. С. 707–719.

Рецензент: 2. *Isca демонстрирует ослабление СПВ в качестве отклика как на положительные аномалии ТПО в тропиках Тихого океана при событиях Эль-Ниньо, так и на отрицательные аномалии ТПО в тропиках Тихого океана при событиях Ла-Нинья.*

Авторы: Касательно Ла-Нинья, совершенно верно, что в некоторых работах в численных экспериментах воспроизводится слабое усиление вихря на фоне Ла-Нинья. Но также указывается, что это не совсем соответствует данным наблюдений (Butler and Polvani, 2011; Garfinkel et al., 2012). Это выражено так же в частоте ВСП: как модельные, так и исследования по данным наблюдений, показывают, что частота ВСП на фоне Эль-Ниньо и на фоне Ла-Нинья совпадает (Butler and Polvani, 2011; Garfinkel et al., 2012; Weinberger et al., 2019) и выше, чем в года нейтральной фазы (Butler and Polvani, 2011). Поэтому ослабление вихря относительно контрольного эксперимента не является показателем нереалистичности воспроизведения моделью физических процессов, стоящих за стратосферно-тропосферным взаимодействием.

Перед подачей в журнал данная работа была представлена на 28-ой Генеральной Ассамблее Международного общества геодезии и геофизики в Берлине (IUGG2023), где Adam A. Scaife (Met Office Hadley Centre, Exeter, UK) отметил, что отклик ВСП на Ла-Нинья (частота ВСП в годы Ла-Нинья), воспроизводимый в данной модели, близок к наблюдаемому в реальности, в отличие от многих современных моделей, которые имеют тенденцию занижать количество ВСП в года Ла-Нинья.

Рецензент: 3. *Интенсивность СПВ в контрольном эксперименте с использованием Isca гораздо выше средней интенсивности СПВ по данным реанализа JRA55.*

Авторы: Так как контрольный эксперимент проводился на фоне нулевых аномалий ТПО, вихрь в нем сильнее и устойчивее относительно средних значений по данным JRA-55. Это тоже не удивительно, так как осреднение по JRA-55 захватывает года с Эль-Ниньо и Ла-Нинья, что заведомо делает средние значения ниже, чем при нейтральных аномалиях ТПО.

Рецензент: *Можно сделать заключение, что использованная в работе программная среда для моделирования глобальной циркуляции атмосферы Isca не удовлетворительно воспроизводит как сам СПВ, так и отклик СПВ на Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК). И для исследования такого отклика лучше использовать другие модели. Например, в работе [Hu, J., Shen, Y., Deng, J., Jia, Y., Wang, Z., Li, A. Revisiting the Influence of ENSO on the Arctic Stratosphere in CMIP5 and CMIP6 Models. Atmosphere. 2023, 14, 785. <https://doi.org/10.3390/atmos14050785>] такое исследование произведено на основе результатов моделей CMIP5 и CMIP6, и показано, что при неудоенных, а близких к реальным, положительных аномалия ТПО (Эль-Ниньо) – СПВ ослабевает, а при отрицательных аномалиях ТПО (Ла-Нинья) – СПВ усиливается. Таким образом, модели CMIP5 и CMIP6 демонстрируют отклик СПВ на ЭНЮК существенно отличающийся от тех результатов, которые получены в рецензируемой работе с использованием Isca.*

Если авторам рецензируемой работы удастся как-то сгладить это впечатление от Isca, которое сейчас создается после прочтения рукописи, то доверие к полученным в работе результатам существенно повысится.

Авторы: Мы не согласны с данным утверждением. Еще раз сошлемся на полную валидацию данных экспериментов и реалистичности воспроизведения стратосферной динамики в программной среде Isca (Sobaeva et al., 2023). Но мы полностью согласны с замечанием из первой рецензии, что вначале было не очень аккуратно сформулировано название статьи. С новым названием, думаем, что достоверность и логика исследования не вызывают никаких вопросов.

С уважением, авторский коллектив. 26.02.2024.

От редакции: ответ и доработанная версия статьи были направлены редакцией рецензенту.

Подтверждение Рецензента № 2 на публикацию:

Здравствуйте!

В своей последней рецензии я написал, что работу можно публиковать в ее настоящем виде.

Ответы на свои замечания я получил, и вполне ими удовлетворен.

Подпись. Рецензент № 2. 04.03.2024.