

РЕЦЕНЗИЯ № 2

**на статью «ВАЛИДАЦИЯ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАЧНОСТИ
В РЕАНАЛИЗЕ ERA-5 ПО ПОКАЗАНИЯМ СУДОВОГО ЛИДАРА»**

авторского коллектива: М. А. Борисов, М. А. Криницкий, Е. А. Ежова, Н. Д. Тилинина

Настоящая работа посвящена оценке точности определения высоты нижней границы облачности (ВНГО) в реанализе ERA5. Валидация этого параметра выполнена посредством сопоставления данных реанализа с результатами лидарных измерений ВНГО с борта исследовательского судна «Академик Федоров». Натурные измерения ВНГО производились в период с октября 2023 по апрель 2024 гг. в Атлантическом и Южном океанах во время следования судна из Санкт-Петербурга к побережью Восточной Антарктики. Результаты сопоставления показали значительные расхождения в величине ВНГО по данным реанализа и лидарных измерений со средним смещением и стандартным отклонением, соответственно в 176 м и 765 м. На основании полученных результатов сделан вывод о невысокой надежности и недостаточной точности определения ВНГО в реанализе ERA5.

Общая идея работы достаточно простая, а предложенный и использованный в работе подход вполне адекватен. Полученные результаты относительно невысокого качества данных о ВНГО в ERA5, в целом, ожидаемы, учитывая сложность предсказания облачности в моделях атмосферы и климата. Тем не менее, количественный анализ точности воспроизведения параметров облачности в данных реанализа по-прежнему представляется актуальной задачей, а полученные в работе оценки неопределенностей ВНГО – важным и интересным результатом.

В то же время, несмотря на важность и актуальность темы, представленная рукопись вызывает некоторое разочарование, поскольку по содержанию она больше похожа на отчет о результатах наблюдений, а не на научную статью. Обзор работ, опубликованных ранее по данной тематике, выполнен довольно поверхностно, отсутствуют важные детали, относящиеся как к самим натурным измерениям высоты нижней границы облачности, так и к процедуре сопоставления судовых данных с данными реанализа. Очень скупо показаны и проанализированы результаты сопоставления оценок ВНГО, а обсуждение результатов, в частности, возможных причин расхождения данных лидарных измерений и реанализа, ограничивается общими фразами о конечной точности модельных и натурных данных. Более детальный анализ работы представлен ниже.

Во Введении не вполне понятен выбор работ для обзора. Проблемам точности воспроизведения параметров облачности в данных реанализа в последние годы было посвящено значительное количество исследований. В связи с этим не ясно, по какой причине в обзорной части статьи рассматриваются работы связанные с анализом осадков, температуры воздуха, скорости ветра (строки 60–89). Пожалуйста, сделайте обзорную часть статьи более сфокусированной, возможно, исключив информацию о других метеопараметрах и добавив работы, связанные с моделированием параметров облачности в схемах реанализа и с анализом точности этих параметров.

В разделе «Данные и методы» чрезвычайно мало информации о самих лидарных данных, о процедуре их обработки и о процедуре сопоставления результатов судовых наблюдений ВНГО с данными реанализа. С какой частотой по времени в течение дня производились зондирования и, соответственно, были получены индивидуальные оценки ВНГО? Поскольку лидарные измерения ВНГО можно считать мгновенными, необходимо указать, как происходило осреднение этих результатов по времени (если, оно происходило). Можно предположить, что в процессе лидарных измерений судно находилось в движении, поэтому надо также указать, каким пространственным масштабам соответствовало усреднение по времени.

Более подробное описание процедуры сопоставления лидарных данных с данными реанализа необходимо. Сопоставлялись ли осредненные по времени и пространству лидарные данные или результаты отдельных измерений? Какова была короткопериодная изменчивость в наблюдаемых с борта судна параметрах облачности? Использовались ли данные, если эта изменчивость была очень высокой? Указано, что данные реанализа доступны с интервалом по времени в 1 час. Значит ли это, что и для сопоставления использовались часовые данные реанализа, а осреднение лидарных данных производилось с соответствующим временным осреднением?

В статье упоминается фильтрация шума в данных лидара но не дается никаких деталей. Почему она нужна? В чем заключается? Пожалуйста, дайте хотя бы ссылку на описание процедуры обработки данных лидара и процедуру оценки ВНГО. Точность в 15 м – это, по-видимому, расчетная точность. Есть ли какие-то оценки точности определения ВНГО в реальных условиях?

В статье упоминается возможное значительное влияние конкретной метеорологической ситуации на точность оценок ВНГО и величину расхождения между лидарными данными и данными реанализа, однако в разделе «Результаты» никаких попыток проанализировать эти зависимости нет. Следует дополнить работу исследованием вариации точности ВНГО в реанализе в зависимости от типа облачности, ее высоты, от погодных и климатических условий, от географического положения и т.д. Именно эти данные наиболее ценны для усовершенствования методов атмосферного реанализа и повышения точности климатических прогнозов, а не усредненные оценки точности.

Рисунок 3 довольно интересный, однако он не только не обсуждается, но даже и явно не упоминается в работе. Подробное обсуждение результатов, представленных на этом рисунке, необходимо добавить в статью. Чем обусловлены вариации точности в оценке ВНГО по ходу наблюдений? В каких случаях данные согласуются хорошо, и в каких – плохо? Было бы полезно вместе с картой отклонений также привести карту самих оценок ВНГО по данным судового лидара.

Второстепенные замечания редакционного характера:

Строки 44–45: «На сегодняшний день существует множество основных способов оценки ВНГО». Не очень удачное высказывание, так как в статье перечислено только 5 способов оценки ВНГО. Вряд ли тут подходит термин «множество». Почему «основных»? Есть еще неосновные? Попробуйте вариант: «...существует несколько широко используемых способов оценки ВНГО».

Попеременное использование русской аббревиатуры ВНГО и английской СВН создает впечатление, что речь идет о разных параметрах. Рассмотрите вариант использования какой-то одной аббревиатуры, чтобы избежать возможной путаницы.

Строка 176: «...общее количество наблюдений составило 13.031»: уберите десятичную точку из числа или замените на запятую.

Раздел «Результаты»: Во многих числах пропущены единицы измерения (метры?)

Список литературы: Кажется, он должен быть представлен в алфавитном порядке. Пожалуйста, проверьте требования редакции к представляемым работам.

В целом, по моему мнению, работа нуждается в серьезной доработке для того, чтобы быть опубликованной в журнале.

Подпись. Рецензент № 2. 07.10.2024.

От редакции: рецензия была направлена авторскому коллективу.

Ответ рецензенту № 2 на Рецензию от 07.10.2024 на статью авторского коллектива: М. А. Борисов, М. А. Криницкий, Е. А. Ежова, Н. Д. Тилинина «ВАЛИДАЦИЯ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАЧНОСТИ В РЕАНАЛИЗЕ ERA-5 ПО ПОКАЗАНИЯМ СУДОВОГО ЛИДАРА».

Авторы статьи благодарят рецензентов за замечания. Выделяем ответы на замечания желтым цветом

Рецензент: *Настоящая работа посвящена оценке точности определения высоты нижней границы облачности(ВНГО) в реанализе ERA5. Валидация этого параметра выполнена посредством сопоставления данных реанализа с результатами лидарных измерений ВНГО с борта исследовательского судна «Академик Федоров». Натурные измерения ВНГО производились в период с октября 2023 по апрель 2024 гг. в Атлантическом и Южном океане во время следования судна из Санкт-Петербурга к побережью Восточной Антарктики. Результаты сопоставления показали значительные расхождения в величине ВНГО по данным реанализа и лидарных измерений со средним смещением и стандартным отклонением, соответственно в 176 м и 765 м. На основании полученных результатов сделан вывод о невысокой надежности и недостаточной точности определения ВНГО в реанализе ERA5. Общая идея работы достаточно простая, а предложенный и использованный в работе подход вполне адекватен. Полученные результаты относительно невысокого качества данных о ВНГО в ERA5, в целом, ожидаемы, учитывая сложность предсказания облачности в моделях атмосферы и климата. Тем не менее, количественный анализ точности воспроизведения параметров облачности в данных реанализа по-прежнему представляется актуальной задачей, а полученные в работе оценки неопределенностей ВНГО – важным и интересным результатом.*

В то же время, несмотря на важность и актуальность темы, представленная рукопись вызывает некоторое разочарование, поскольку по содержанию она больше похожа на отчет о результатах наблюдений, а не на научную статью.

Обзор работ, опубликованных ранее по данной тематике, выполнен довольно поверхностно, отсутствуют важные детали относящиеся как к самим натурным измерениям высоты нижней границы облачности, так и к процедуре сопоставления судовых данных с данными реанализа.

Ответ: Мы существенно переписали Введение и расширили раздел обзора литературы.

Рецензент: *Очень скупо показаны и проанализированы результаты сопоставления оценок ВНГО, а обсуждение результатов, в частности, возможных причин расхождения данных лидарных измерений и реанализа, ограничивается общими фразами о конечной точности модельных и натурных данных.*

Ответ: Благодарим рецензента за замечания, в отношении анализа ошибок, в обновленной версии статьи мы более подробно описываем такие ошибки на базе разбиения коллекции наблюдений на географические зоны.

Рецензент: *Более детальный анализ работы представлен ниже. Во Введении не вполне понятен выбор работ для обзора. Проблемам точности воспроизведения параметров облачности в данных реанализа в последние годы было посвящено значительное количество исследований. В связи с этим не ясно, по какой причине в обзорной части статьи рассматриваются работы связанные с анализом осадков, температуры воздуха, скорости ветра (строки 60-89). Пожалуйста, сделайте обзорную часть статьи более сфокусированной, возможно, исключив информацию о других метеопараметрах и добавив работы, связанные с моделированием параметров облачности в схемах реанализа и с анализом точности этих параметров.*

Ответ: Благодарим рецензента за замечание, мы существенно переписали Введение и расширили раздел обзора литературы.

Рецензент: *В разделе «Данные и методы» чрезвычайно мало информации о самих лидарных данных, о процедуре их обработки и о процедуре сопоставления результатов судовых наблюдений ВНГО с данными реанализа. С какой частотой по времени в течение дня производились зондирования и, соответственно, были получены индивидуальные оценки ВНГО? Поскольку лидарные измерения ВНГО можно считать мгновенными, необходимо указать, как происходило усреднение этих результатов по времени (если оно происходило).*

Ответ: Мы существенно дополнили раздел обработки данных измерений и данных реанализа, а также процедуру их сопоставления.

Рецензент: *Можно предположить, что в процессе лидарных измерений судно находилось в движении, поэтому надо также указать, каким пространственным масштабам соответствовало усреднение по времени.*

Ответ: Поскольку в настоящем исследовании не проводилось усреднение показаний лидара по времени, анализ соответствующего пространственного масштаба не представляется релевантным. Однако следует отметить, что сопоставление данных измерений оценкам реанализа действительно производится в рамках определенного временного промежутка (который описан в обновленном тексте статьи). Мы дополнили текст статьи оценкой пространственного смещения судна за период сопоставления лидарных измерений оценкам реанализа в одном часовом интервале данных ERA5.

Рецензент: *Более подробное описание процедуры сопоставления лидарных данных с данными реанализа необходимо. Сопоставлялись ли усредненные по времени и пространству лидарные данные или результаты отдельных измерений? Какова была короткопериодная изменчивость в наблюдаемых с борта судна параметрах облачности? Использовались ли данные, если эта изменчивость была очень высокой? Указано, что данные реанализа доступны с интервалом по времени в 1 час. Значит ли это, что и для сопоставления использовались часовые данные реанализа а усреднение лидарных данных производилось с соответствующим временным усреднением?*

Ответ: Мы благодарим рецензента за эти замечания и дополнительные вопросы. В пересмотренном тексте статьи мы более подробно описываем процедуру сопоставления данных измерений модельным оценкам ВНГО в ERA5 в тех случаях, когда это возможно.

Рецензент: *В статье упоминается фильтрация шума в данных лидара но не дается никаких деталей. Почему она нужна? В чем заключается? Пожалуйста, дайте хотя бы ссылку на описание процедуры обработки данных лидара и процедуру оценки ВНГО.*

Ответ: Мы дополнили текст статьи описанием процедуры фильтрации лидарных измерений.

Рецензент: Точность в 15 м – это, по-видимому, расчетная точность. Есть ли какие-то оценки точности определения ВНГО в реальных условиях?

Ответ: В оценке точности лидарных измерений мы руководствовались технической документацией прибора Vaisala CT12K, которую в ограниченном объеме включили в текст статьи. В частности мы приводим формулу зависимости предельно допустимой ошибки прибора в зависимости от измеряемого значения ВНГО.

Рецензент: В статье упоминается возможное значительное влияние конкретной метеорологической ситуации на точность оценок ВНГО и величину расхождения между лидарными данными и данными реанализа, однако в разделе “Результаты” никаких попыток проанализировать эти зависимости нет. Следует дополнить работу исследованием вариаций точности ВНГО в реанализе в зависимости от типа облачности, ее высоты, от погодных и климатических условий, от географического положения и т. д. Именно эти данные наиболее ценны для усовершенствования методов атмосферного реанализа и повышения точности климатических прогнозов, а не усредненные оценки точности.

Ответ: Мы благодарим рецензента за ценные комментарии относительно анализа точности оценок высоты нижней границы облачности (ВНГО) в зависимости от различных факторов, таких как тип облачности, высота облаков и метеорологические условия. Мы согласны с тем, что эти аспекты играют важную роль в оценке точности данных реанализа.

В обновленной версии статьи мы более подробно рассматриваем зависимость ошибки ERA5 от географической широты. Мы провели анализ, разбив коллекцию наблюдений на географические зоны, что позволило нам выделить и описать ошибки модели в зависимости от широты. Это добавляет ценную информацию о пространственном распределении отклонений и может помочь в улучшении методов атмосферного реанализа.

Отметим, что зависимость ошибки от типов облачности — действительно интересный вопрос. Однако в рамках данной экспедиции данные о наблюдаемых типах облачности не собирались, что делает невозможным проведение такого анализа на основе данных *in situ*. Мы надеемся, что предложенные дополнения и уточнения в статье помогут лучше понять влияние географических факторов на точность оценок ВНГО и будут полезны для дальнейших исследований в этой области.

Рецензент: Рисунок 3 довольно интересный, однако он не только не обсуждается, но даже и явно не упоминается в работе. Подробное обсуждение результатов представленных на этом рисунке необходимо добавить в статью. Чем обусловлены вариации точности в оценке ВНГО по ходу наблюдений? В каких случаях данные согласуются хорошо, и в каких – плохо? Было бы полезно вместе с картой отклонений также привести карту самих оценок ВНГО по данным судового лидара.

Ответ: Действительно, причины различных ошибок оценок ВНГО в реанализе ERA5 – очень интересный вопрос. Однако следует отметить, что в предложенной статье не ставится цель корректировать модели оценки ВНГО реанализа, как и не ставится цель определения причин ошибок реанализа. Представленная статья посвящена валидации реанализа ERA5 в отношении таких оценок.

Для того, чтобы у читателя было больше возможностей в вопросе дополнительной интерпретации результатов валидации, мы дополнили состав рисунков картой самих данных инструментальных измерений ВНГО с использованием лидара.

Рецензент: Второстепенные замечания редакционного характера:

строки 44-45 «На сегодняшний день существует множество основных способов оценки ВНГО». Не очень удачное высказывание так как в статье перечислено только 5 способов оценки ВНГО. Вряд ли тут подходит термин «множество». Почему «основных»? Есть еще неосновные? Попробуйте вариант: «... существует несколько широко

используемых способов оценки ВНГО». Попеременное использование русской аббревиатуры ВНГО и английской СВН создает впечатление, что речь идет о разных параметрах. Рассмотрите вариант использования какой-то одной аббревиатуры, чтобы избежать возможной путаницы.

Строка 176 “ ... общее количество наблюдений составило 13.031” : уберите десятичную точку из числа или замените на запятую Раздел “Результаты” Во многих числах пропущены единицы измерения (метры ?) Список литературы: Кажется, он должен быть представлен в алфавитном порядке. Пожалуйста, проверьте требования редакции к представляемым работам.

Ответ: Мы благодарны рецензенту за рекомендации по редакторским правкам. Мы существенно переработали текст статьи. Рассчитываем, что в пересмотренной версии статья представляет материалы исследования более системно и без значимых ошибок редакторского характера.

С уважением, авторский коллектив. 06.12.2024.

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

Подтверждение Рецензента № 2 на публикацию:

Здравствуйте!

Новую версию статьи прочитал. В исправленном и дополненном варианте работы меня все устраивает. Авторы подробно ответили на мои комментарии, доработки были сделаны большие и полностью учли мои замечания, статья выглядит существенно лучше. Думаю ее можно напечатать в настоящем виде.

Подпись. Рецензент № 2. 13.12.2024.