

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Иванова Владимира Владимировича, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника кафедры океанологии географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова на диссертационную работу Весман Анны Викторовны «Особенности проявления глобального потепления в XX-XXI веке в водах, омывающих Шпицберген», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – Океанология

Диссертационная работа А.В. Весман посвящена исследованию долгопериодной изменчивости термохалинных и ледовых характеристик в водах, омывающих архипелаг Шпицберген в условиях современных изменений климата. Актуальность выбранной темы обоснована уникальным расположением архипелага Шпицберген на пути распространения воздушных и водных масс из умеренных широт в полярные. В силу этого, гидрологическая структура вод, окружающих архипелаг, испытывает значительные изменения под действием конкурирующих гидрометеорологических процессов, развивающихся в северной части Атлантического океана, Северо-Европейском бассейне и Арктическом бассейне Северного Ледовитого океана. Поскольку целый ряд вопросов, связанных с региональными проявлениями глобальных климатических изменений требуют уточнения, сформулированные в диссертации задачи представляют очевидный фундаментальный и прикладной научный интерес. Адекватное реальности описание физических процессов также является необходимым условием для надежного прогнозирования состояния экосистем. С учетом этого, полученные результаты, в первую очередь, выявляющие цикличность термохалинных и ледовых параметров, могут быть применены для повышения качества прогнозирования состояния природной системы в районе архипелага Шпицберген с заблаговременностью несколько лет.

Построение диссертационной работы является логичным и стройным, что обеспечивает естественную взаимосвязь отдельных глав. Базовая теоретическая концепция исследования строится на сформулированной в предыдущих исследованиях фактологии, включающей понятия разномасштабной цикличности в реализации различных гидрометеорологических процессов, роли антропогенного фактора в современных климатических изменениях, полярном усилении изменений приземной температуры, обусловленным влиянием положительных обратных связей в системе «океан- морской лед – атмосфера». Несомненным достоинством диссертации является рассмотрение широкого диапазона гидрофизических процессов в их взаимосвязи, что

указывает на глубокие и разносторонние знания соискателя по тематике диссертационной работы. В целом, необходимо подчеркнуть, что полученные соискателем результаты являются новыми, а личный вклад в их достижение является определяющим.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы общим объемом 165 наименования (из них 140 на английском языке) и содержит 124 страницы текста, 4 таблицы и 37 рисунков, а также перевод диссертации на английский язык.

Во Введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, определена его научная новизна, фундаментальная и практическая значимость, дана оценка достоверности полученных результатов, и приведены сведения о личном вкладе автора, апробации работы, публикациях по теме диссертации и о структуре диссертации.

В первой главе рассмотрена основная терминология, используемая в диссертации, включая понятия «климат», «изменение климата» и «глобальное потепление». Описаны ключевые естественные факторы, влияющие на планетарный климат, существующие взгляды на антропогенное влияние и основные обратные связи, обеспечивающие полярное усиление. В разделе 1.2 дана физико-географическая характеристика района исследования, включающая описание топографии дна, гидрологических и динамических параметров. Раздел 1.3 посвящен обзору особенностей циркуляции атмосферы в исследуемом районе и индексов циркуляции атмосферы, используемых в дальнейшем для анализа вклада атмосферных воздействий в наблюдаемую изменчивость гидрологической структуры вод и ледового режима.

Во второй главе подробно проанализирована долгопериодная изменчивость термохалинных характеристик Западно-Шпицбергенского и Прибрежного течений на основе натурных данных. В разделе 2.1 описаны использованные в диссертации исходные данные и представлены применявшиеся методы обработки и анализа данных. Раздел 2.2 посвящен анализу результатов, приведены графики изменчивости температуры и солености по глубине и по времени в ядре Атлантических вод и на шельфе архипелага Шпицберген, оценены термохалинные характеристик в разных слоях вод. В разделе 2.3 рассматривается временная изменчивость температуры и солености, выделяются основные периодичности и тенденции.

В третьей главе исследуется изменчивость адвективных потоков тепла вдоль стрежня Норвежского Атлантического течения. В разделе 3.1 рассматриваются методы расчетов адвективных океанических потоков тепла, вертикальных турбулентных потоков тепла, валидация данных реанализа ARMOR3D, методы выделения нижней границы слоя

АВ и других методов обработки и анализа данных. Раздел 3.2 посвящен изучению временной изменчивости потоков тепла, тепловому балансу слоя АВ в изучаемых регионах, изменчивости адвективных океанических потоков тепла при продвижении на север и взаимосвязи изменчивости потоков тепла и климатических индексов.

Четвертая глава посвящена исследованию изменчивости ледяного покрова к северу от архипелага Шпицберген. В разделе 4.1 описаны доступные данные о сплоченности льда, особенности региона полынни «Залив Китобоев» и обосновывается новый подход к типизации ледовых условий к северу от архипелага Шпицберген. Раздел 4.2 посвящен анализу временной изменчивости площади открытой воды и ее взаимосвязи с поступлением атлантических вод, циркуляцией атмосферы и другими факторами.

В Заключении кратко обобщены результаты диссертационной работы и сформулированы основные выводы исследования.

В целом, представленная к защите диссертационная работа производит весьма благоприятное впечатление. Помимо описания оригинальных результатов в диссертации проведен подробный обзор публикаций по тематике работы, что говорит о высокой степени осведомленности соискателя о достигнутых ранее результатах по тематике исследования. Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Положения, выносимые на защиту, составляют оригинальный научный результат, который может быть квалифицирован как решение актуальной научной проблемы. Полученные автором выводы достоверны, и обоснованы анализом, содержащимся в диссертационной работе. Основные результаты диссертации опубликованы в 7-ми статьях, входящих в перечень ВАК. Результаты, представленные в диссертации, неоднократно обсуждались на российских и международных научных конференциях и симпозиумах и получили одобрение ведущих специалистов.

Диссертационная работа выгодно отличается своей целостностью, способностью автора выполнить крупное научное исследование, от постановки фундаментальной научной проблемы, через теоретический анализ и обработку натурных данных до получения оригинальных выводов и их обоснования. Результаты работы могут найти непосредственное практическое применение в научных учреждениях Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды России и Российской Академии наук, занимающихся прогнозированием региональных последствий глобальных климатических изменений. Работа базируется на современных методах обработки и анализа данных. Диссертация написана ясным языком, грамотно и аккуратно оформлена.

В диссертации содержится ряд недостатков/неточностей:

Стр. 4, абзац 1: «Впервые шведский ученый Сванте Аррениус (Arrhenius, 1896) озвучил теорию, что изменение концентрации парниковых газов (например, CO₂) в атмосфере может влиять на температуру поверхности Земли и приповерхностного слоя атмосферы, и эти изменения будут проявляться наиболее интенсивно в полярных регионах. Данный феномен стал известен под названием «полярного усиления»

Из этой фразы следует, что «полярное усиление» открыл С. Аррениус? При всем уважении к выдающемуся шведскому ученому, заслуга теоретического предсказания феномена полярного усиления принадлежит не ему, а выдающемуся советскому климатологу Михаилу Ивановичу Будыко. Впервые теоретическое обоснование полярного усиления было опубликовано в статье: М. И. Budyko (1969) The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth, *Tellus*, 21:5, 611-619, DOI: 10.3402/tellusa.v21i5.10109.

Стр. 4, абзац 2: «...Атлантические воды (АВ) ... трансформируются и опускаются...»

Стр. 5, абзац 2: «...Западно-Шпицбергенское течение - оно несет теплые и соленые воды в АВ, погружаясь на большую глубину; над западным шельфом архипелага...»

В настоящее время достаточно надежно установлено, что Атлантические воды в прямом смысле не опускаются на большую глубину после прохождения пролива Фрама, а интенсивно охлаждаются и распресняются в своей верхней части. Этот факт был теоретически предположен в: Rudels, B., L. G. Anderson E.-P. Jones (1996) Formation and evolution of the surface mixed layer of the Arctic Ocean, *Journ Geophys. Res.*, 101, C4, 8807-8821 и через 10 лет полностью подтвержден данными с долговременных буйковых станций программы NABOS (<https://uaaf-iarc.org/nabos/>) между Шпицбергеном и ЗФИ (см: Ivanov V.V., Alexeev V.A., Repina I.A., Koldunov N.V., Smirnov A.V. Tracing Atlantic Water signature in the Arctic sea ice cover east of Svalbard // *Advances in Meteorology*. 2012. Vol. 2012. Article ID 201818. 11 pages doi:10.1155/2012/201818). Поэтому словосочетание «опускание атлантических вод» рекомендуется употреблять с оговоркой, что речь не идет о физическом заглублении теплого ядра вследствие вертикального движения.

Стр. 9-10, Положения, выносимые на защиту. На мой взгляд, 5 положений, выносимых на защиту в кандидатской диссертации, избыточно. Более уместно было бы привести меньшее число положений, но повысить их значимость. В предложенной редакции, в положениях 1, 2 и 3, по сути, повторяется утверждение о существовании цикличности характеристик с различным периодом вдоль траектории переноса АВ в Северо-Европейском бассейне. Представляется, что объединение положений 1, 2 и 3 в одно, более емкое утверждение звучало бы более фундаментально.

Стр. 23, последний абзац: «Поступление Атлантических вод через Баренцево море в центральную Арктику крайне мало (...), большая часть тепла поступает в Арктический бассейн через пролив Фрама (...)».

Предложение не вполне корректно: из первой части (про объем? поступления) совсем не следует вторая часть (про поступление тепла). Согласно современным представлениям, объем поступления АВ в Арктический бассейн через пролив Фрама и Баренцево море сопоставимы. Однако, в силу значительного охлаждения АВ в Баренцевом море, поток тепла, поступающий в Арктический бассейн через пролив Фрама больше.

Стр. 51, рис. 16 и рисунки с результатами вейвлет анализа далее в тексте.

В подписи не указано, что означает пунктирная линия? Вероятно, она ограничивает зону статистически значимых результатов? Это следовало явно указать в подписи.

Стр. 81, рис. 26. На рисунке указан район Д, которого нет в подписи. Вероятно опечатка?

Стр. 104, выводы к главе 4. Вывод 7 сформулирован как: «Устойчивый апвеллинг вместе с наблюдаемым увеличением температуры АВ способствуют образованию квазистационарной полыньи «Залив Китобоев». Вероятно, соискатель не знаком со статьями: Ivanov V.V., Repina I.A., 2019, Mid-winter anomaly of sea ice in the Western Nansen Basin in 2010s. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 231 012024; doi:10.1088/1755-1315/231/1/012024, а также Ivanov et al. (JGR, 2018, DOI: 10.1029/2018JC013995) и Ivanov et al. (J. Phys. Oceanogr., 2016, DOI: 10.1175/JPO-D-15-0144.1), в которых подробно проанализированы причины аномального отступлении льда вдоль траектории АВ в бухте Китобоев и к востоку от нее в 2010-е годы, и где показано, что основной причиной аномально низкой концентрации льда в зимние месяцы является не ветровой апвеллинг, а достигающая теплого ядра АВ зимняя термическая конвекция. Соискателю рекомендуется ознакомиться с этими статьями, если предполагается дальнейшее развитие этой темы.

Сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе.

Диссертация Весман Анны Викторовны представляет собой законченную научную работу, в которой на основании выполненных автором исследований получены

обоснованные выводы, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Работа выполнена автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку. Основные научные результаты опубликованы, и в диссертации автор надлежащим образом ссылается на цитируемые источники, заимствованные материалы и их авторов. Таким образом, считаю, что диссертационная работа Весман Анны Викторовны «Особенности проявления глобального потепления в XX-XXI веке в водах, омывающих Шпицберген» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Весман Анна Викторовна заслуживает присвоения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – Океанология. , Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного Совета,
ведущий научный сотрудник кафедры океанологии географического факультета
Московского Государственного университета им. М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук



Владимир Владимирович Иванов

«16» мая 2022 г.