

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Весман Анны Викторовны на тему: «ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ В XX-XXI ВЕКЕ В ВОДАХ, ОМЫВАЮЩИХ АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по научной специальности 1.6.17.

Диссертационная работа Весман А.В. посвящена исследованию региональных особенностей и закономерностей изменчивости метеорологических, океанологических и ледовых процессов в водах, омывающих архипелаг Шпицберген. Основой работы послужили созданные в последние годы базы данных натуральных наблюдений и данные различных современных реанализов.

В введении приведено обоснование актуальности темы диссертационного исследования, сформулированы основные цели и задачи работы, обосновывается достоверность полученных результатов и излагаются основные положения, выносимые на защиту, ранее представленные в восьми докладах на международных и российских конференциях и симпозиумах, в большинстве из которых А.В. Весман была первым автором, и в семи публикациях, пять из которых вошли в базу SCOPUS.

В первом разделе первой главе дано описание основных естественных и антропогенных факторов, влияющих на изменения климата Земли; перечисление различных циклов его изменчивости (часть из которых будет выявлена в последующих главах), физические причины существования которых, как справедливо считает как автор диссертации, так и рецензент, до сих пор являются дискуссионными; обзор возможных механизмов полярного усиления и некоторых обратных связей, его обуславливающих, базирующийся, в основном, на работе (Goosse, H. et al., 2018).

В связи с приведенным обзором механизмов полярного усиления было бы желательно получить более подробное объяснение следующей положительной обратной связи «Вертикального градиента температуры (+ в Арктике, около 0 в Антарктике): в более теплом климате и в высоких широтах стабильные условия стратификации в нижней тропосфере приводят к большему потеплению нижней тропосферы, чем верхней тропосферы, что приводит к меньшему увеличению исходящей (что это?) длинноволновой радиации по сравнению с вертикально однородным потеплением и, таким образом, к дальнейшему потеплению». Также представляется неясным предположение о механизме «Наращение толщины льда (-): тонкий лёд нарастает быстрее, чем толстый лёд из-за его более высокой теплопроводности, приглушая уменьшение, вызванное начальным возмущением». Очевидно, что скорость нарастания определяется величиной потоком тепла на его нижней границе, зависящей в основном от

толщины ледяного покрова, а не его теплопроводности, которая изменяется в относительно небольших пределах.

В последующих разделах первой главы приведено подробное физико-географическое описание района исследования: описание топографии дна; основных поверхностных океанических течений; водных масс и характеристик водообмена; обзор особенностей циркуляции океана и атмосферы в исследуемом регионе, описываемых, в том числе, введенным в 1980-х годах индексом GSNWI (Gulf Stream North Wall Index) и предложенным в 2001 г. индексом Атлантической мультидекадной осцилляции (AMO), и индексами циркуляции атмосферы, основанными на Классификации Вангенгейма – Гирса, и индексом Северо-Атлантического Колебания (NAO). Все указанные индексы использованы в последующих главах для анализа межгодовой изменчивости характеристик океана и атмосферы.

Характеризуя первую главу в целом, следует отметить широкий диапазон используемых автором подходов к исследованию региональных особенностей и закономерностей изменчивости метеорологических, океанологических и ледовых процессов в акваториях, примыкающих к архипелагу Шпицберген, в полной мере реализуемых в последующих главах.

Вторая глава посвящена анализу долгопериодной изменчивости термохалинных характеристик Западно-Шпицбергенского и Прибрежного течений на основе данных, содержащихся в созданной в АНИИ Базы Данных Северных морей (БД СМ). В разделе 2.1 приведено описание используемых методов обработки и анализа данных. На основе проведенного автором критического анализа исходной информации для исследования многолетней изменчивости были выбраны данные только за период с июня по сентябрь, месяцы с максимальным количеством измерений. Для анализа трендов и поиска закономерностей в районе ЗШТ с помощью кластерного анализа были отдельно выделены слои с АВ. В заключение подготовки данных, исходя из количества доступных данных, было определено расположение точек вдоль стрежня течений, для которых в разделе 2.2 приведены графики изменчивости температуры и солёности по глубине и по времени в районе ядра Атлантических вод и на шельфе архипелага Шпицберген и оценена изменчивость и основные характеристики температуры и солёности в разных слоях вод. Следует отметить, что оценка изменчивости была выполнена с помощью вейвлет-анализа, позволяющего сделать лишь качественное заключение о выявленных периодичностях, без оценки их статистической значимости. Особенно это относится к периодам более 10 лет, полученным по рядам длиной порядка 50 лет.

В разделе 2.3 рассмотрена зависимость температуры воды на различных горизонтах от температуры воздуха, индексов циркуляции атмосферы и океанических индексов. Приведенные в таблице 1 коэффициенты корреляции позволили автору диссертации сделать важный вывод о том, что на долгопериодную изменчивость атлантических вод на различных горизонтах большое влияние оказывает состояние океана и изменчивость системы Гольфстрим в более южных широтах.

Характеризуя вторую главу в целом, можно отметить, что, несмотря на сделанные замечания, тщательность подготовки исходных данных и выполненного на их основе анализа, позволяют считать ее образцом профессионального подхода к исследованиям океана по эмпирическим данным.

В третьей главе рассматривается изменчивость адвективных потоков тепла вдоль стрежня Норвежского Атлантического течения. В разделе 3.1 рассматриваются методы расчета адвективных океанических потоков тепла, вертикальных турбулентных потоков тепла в атмосфере, валидация данных реанализа ARMOR3D, методы выделения нижней границы слоя АВ и некоторые другие методы обработки и анализа данных. Раздел, несмотря на лапидарность отдельных его подразделов, можно считать образцовым для оценки адекватности выводов, приведенных в разделе 3.2. Это касается как возможного расхождения при расчетах турбулентных потоков тепла по данным различных реанализов (рис. 19), валидации реанализа ARMOR-3D (рис.25), выбора критерия для выделения нижней границы атлантических вод (рис.23), метода расчета вертикального турбулентного потока тепла через нижнюю границу слоя атлантических вод и т.д.

Замечанием скорее редакционного характера является слишком краткое описание метода расчета характеристик теплового баланса поверхности моря, выполненного диссертантом самостоятельно, а не заимствованного, как может показаться, из реанализов, что привело рецензента в недоумение по поводу появления формул (1, 2) для расчета относительной влажности. Также вероятно имело бы смысл более подробно и количественно рассмотреть различие в оценках интегрального турбулентного потока тепла на границе океан-атмосфера, полученных по данным разных моделей.

Раздел 3.2, являющийся одним из базовых в диссертации, посвящен изучению временной изменчивости потоков тепла, тепловому балансу слоя атлантических вод в изучаемых регионах, изменчивости адвективных океанических потоков тепла при продвижении на север и взаимосвязи изменчивости потоков тепла и климатических индексов. Наибольший интерес, вероятно, представляют приведенные на рис.26 результаты расчетов, составляющих теплового баланса 4 регионов, от побережья Норвегии (Свиной) до пролива Фрама.

Анализ, выполненный диссертантом, позволил сделать важные выводы о том, что океанический поток тепла в регионах исследования в большой степени сбалансирован потоком тепла в атмосферу и вертикальным перемешиванием. При этом обмен с атмосферой преобладает в северных районах (к западу от архипелага Шпицберген), в то время как вертикальный обмен с глубокими слоями играет важную роль в районе Лофотенского бассейна, где наблюдается достаточно глубокая конвекция. Другим важным результатом является выявленные значительные различия в межгодовой изменчивости потоков тепла между южными и северными разрезами (рис.27). Причиной этого, как показано автором, могут служить противоположные тенденции, наблюдаемые в долгопериодной изменчивости с середины 2000-х годов на южных и северных разрезах, а также различное изменение амплитуды межгодовых осцилляций (более длительная 5-летняя осцилляция теряет амплитуду быстрее с продвижением на север, в сравнении с более короткой 2-3-летней).

Глава 4 посвящена исследованию изменчивости ледяного покрова к северу от архипелага Шпицберген. В разделе 4.1 рассматриваются доступные данные о сплоченности льда, особенности района полыньи «Залив Китобоев», а также оригинальный подход к типизации ледовых условий к северу от архипелага Шпицберген. Раздел 4.2 посвящен анализу временной изменчивости площади открытой воды и её взаимосвязи с АВ, циркуляцией атмосферы и другими факторами.

Среди выводов, сделанных автором по 4 главе наибольший интерес представляют следующие:

- начиная с середины 1990-х повторяемость появления типа 1 (по предложенной автором классификации акватория к северу от Шпицбергена покрыта льдом) существенно снижается, а преобладающим становится тип 3 (существование квазистационарной полыньи), а также растет повторяемость типа 2 (побережье свободно ото льда);
- вследствие преимущественно северо-восточных ветров практически на протяжении всего года сохраняются условия для апвеллинга атлантических вод, что совместно с наблюдаемым увеличением их температуры АВ способствуют образованию квазистационарной полыньи «Залив Китобоев».

В Заключение кратко описаны полученные в ходе выполнения диссертационной работы результаты и сформулированы основные выводы.

Характеризуя диссертационную работу Весман А.В. в целом, можно с уверенностью отметить, что она представляет собой полноценное научное исследование. Выполнен комплексный анализ климата акватории восточной части Гренландского моря в районе архипелага Шпицберген в 1950 – 2014 годах. На основе натурных данных и данных

