

На правах рукописи

УДК 551.509.33:551.465.7 (261.1)

Лаврова Ирина Викторовна

ВЛИЯНИЕ СЕВЕРО-АТЛАНТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЯ  
В ОКЕАНЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕТНИХ УСЛОВИЙ ПОГОДЫ В  
ЕВРОПЕ

25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Санкт – Петербург  
2009

Работа выполнена в Российском государственном  
гидрометеорологическом университете

*Научный руководитель:*

Доктор географических наук, профессор  
**Узрюмов Александр Иванович**

*Официальные оппоненты:*

Доктор географических наук, профессор  
**Смирнов Николай Павлович**

Кандидат географических наук

**Цепелев Валерий Юрьевич**

*Ведущая организация:*

Арктический и антарктический научно-исследовательский  
институт

Защита состоится 14 мая 2009 г. в 15 часов 30 минут на заседании  
Диссертационного совета Д.212.197.01 при Российском  
государственном гидрометеорологическом университете по адресу:  
195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского  
государственного гидрометеорологического университета.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2009 г.

Председатель

Диссертационного совета,

доктор физ-мат. наук, профессор

Белоцерковский А.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Актуальность направления исследования заключается в чрезвычайной важности заблаговременного прогноза благоприятных и неблагоприятных условий погоды для многих отраслей хозяйства и экономики: сельскохозяйственное производство, топливно-энергетический комплекс, коммунальное хозяйство, транспорт и др. Особенно важной является информация о возможности возникновения атмосферных засух, а также обратного явления – избыточное увлажнение, так как они наносят огромный экономический ущерб. В последние годы проблема прогноза длительных засух, а также периодов избыточного увлажнения возрастает, т.к. наблюдающееся потепление климата нашей планеты, вне зависимости от его генезиса, способствует, по мнению ряда ведущих специалистов, увеличению повторяемости экстремальных явлений погоды.

Известно, что Атлантический океан является основным очагом формирования морского воздуха, поступающего на континент Европы. Колоссальные запасы тепла, аккумулированные океаном, имеют важное значение в трансформации перемещающегося над ним воздуха. Интенсивная трансформация воздуха над океаном, охватывающая всю тропосферу, и наличие мощных океанических течений, обуславливающих существенное перераспределение океанического тепла, позволяют объяснить возникновение как

климатических, так и аномальных особенностей атмосферных макропроцессов. Процессы, которые приводят к формированию экстремальных условий засушливости и избыточного увлажнения на территории Европы, относятся к аномальным и вполне могут быть результатом крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы.

В результате работы над диссертационным исследованием был предложен количественный показатель  $d\Delta T_w$ , характеризующий согласованные колебания в поле температуры поверхности северной части Атлантического океана. Полученные в работе асинхронные статистические связи между данным показателем теплового режима Атлантического океана в зимний период и летними аномалиями условий засушливости и избыточного увлажнения на территории Европы позволяют оценить роль океана в формировании аномальных условий летней погоды и осуществить в дальнейшем их прогноз. Поэтому исследования по данной тематике представляются весьма актуальными и практически значимыми.

### **Цель диссертационной работы**

Исследовать влияние теплового состояния Северной Атлантики на формирование летних экстремальных условий погоды на территории Европы.

Для достижения этой цели решались следующие **задачи**:

1. Выявление информативных районов Северной Атлантики в рамках концепции Северо-Атлантического колебания.

2. Определение количественного показателя  $d\Delta T_w$  данного колебания в поле температуры поверхности Северной части Атлантического океана.
3. Исследование показателей экстремальных погодных условий летнего периода в Европе, определение интенсивности и периодичности их межгодовых изменений, а также климатического тренда, особенно в связи с феноменом глобального потепления климата последних десятилетий.
4. Установление асинхронных статистических связей между зимними показателями Северо-Атлантического колебания в океане (аномалии температуры воды) и показателями экстремальных условий летней погоды в Европе.

#### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Районирование полей аномалии температуры поверхности океана (ТПО) в Северной Атлантике.
2. Показатель Северо-Атлантического колебания в океане  $d\Delta T_w$ , как разность аномалии ТПО в информативных районах Северной Атлантики.
3. Оценка взаимосвязи Северо-Атлантического колебания в океане ( $d\Delta T_w$ ) и атмосфере (NAO).
4. Оценка влияния Северо-Атлантического колебания в океане ( $d\Delta T_w$ ) на ледовитость западного сектора Арктики.
5. Классификация показателя засухи и избыточного увлажнения по Педю, анализ его межгодовых и климатических изменений.

6. Оценка влияния Северо-Атлантического колебания в океане на формирование экстремальных условий летней погоды в Европе.

### **Научная новизна**

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Впервые предложен численный показатель Северо-Атлантического колебания в океане ( $d\Delta T_w$ ).
2. Установлена связь между показателем Северо-Атлантического колебания в океане ( $d\Delta T_w$ ) и Северо-Атлантическим колебанием в атмосфере (NAO).
3. Установлена связь между показателем Северо-Атлантического колебания в океане ( $d\Delta T_w$ ) и площадью ледяного покрова в западном секторе Арктики.
4. Выполнена оценка статистической связи показателя  $d\Delta T_w$  в зимний сезон и формирования летних условий засушливости на территории Европы.

### **Обоснованность и достоверность результатов**

Обоснованность и достоверность подтверждается большим объемом эмпирического материала, современными методами обработки данных, корректными оценками значимости полученных количественных результатов.

## **Практическая значимость работы**

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с плановой тематикой РГГМУ (в рамках темы «Циклические процессы в системе океан–атмосфера и их влияние на формирование аномалий погоды и климата»). Полученные результаты могут быть в дальнейшем использованы для совершенствования существующих и разработки новых методов долгосрочного прогноза засушливых и избыточно увлажненных условий в летний период на территории Европы. Предложенный показатель Северо-Атлантического колебания в океане ( $d\Delta T_w$ ), характеризующий распределение аномалий ТПО в информативных районах, позволяет оценить степень аномальности теплового состояния Северной Атлантики и использовать полученную информацию для долгосрочных прогнозов ледовых условий в западном секторе Арктики, направления перемещения воздушных масс в Атлантико-Европейском секторе Северного полушария.

## **Апробация работы и публикации**

Основные результаты работы докладывались на семинаре кафедры метеорологических прогнозов РГГМУ (2008), на итоговой сессии Ученого совета РГГМУ по направлению метеорология (2008), а также на итоговой сессии Ученого совета РГГМУ по направлению океанология (2009), и на итоговой сессии Ученого совета РГГМУ по направлению метеорология (2009).

По теме диссертации опубликованы 3 научные работы (одна – в печати).

## **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, трех глав, вывода и списка литературы. Общий объем работы составляет 103 страницы, включая 40 рисунков и 9 таблиц. Список литературы составляет 86 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### **Введение**

Во введении сформулирована научная проблема, актуальность ее решения, цель и задачи работы, защищаемые положения и их практическое значение.

### **Глава 1. Северо-Атлантическое колебание и его проявления в океане и атмосфере**

В начале первой главы дается обзор работ, в которых рассматриваются модели оппозиции колебаний температуры воды Северной Атлантики. Особое внимание уделено моделям Я. Сандстрема и А.И. Дуванина.

Приводятся результаты районирования поля аномалии ТПО в Северной Атлантике для зимнего (январь – март) и летнего (июнь – август) периодов. Полученные районы согласуются с расположением основных водных масс и течений. Выделены 2 информативных района, которые имеют достаточно сильную отрицательную корреляционную связь (рис. 1, 2). Это 1-й район – зона смешения вод Восточно-Гренландского, Северо-Атлантического течений и течения



Ирмингера, 2-й район – Норвежское теплое течение. Также рассчитаны положения центров 1-го и 2-го информативных районов и значения аномалий ТПО в этих районах для каждого месяца с января по декабрь.

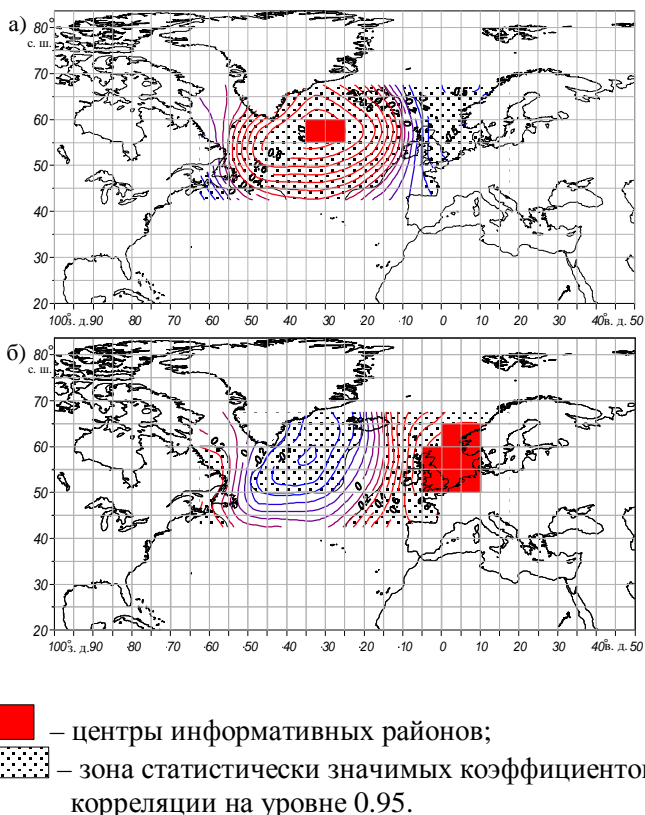
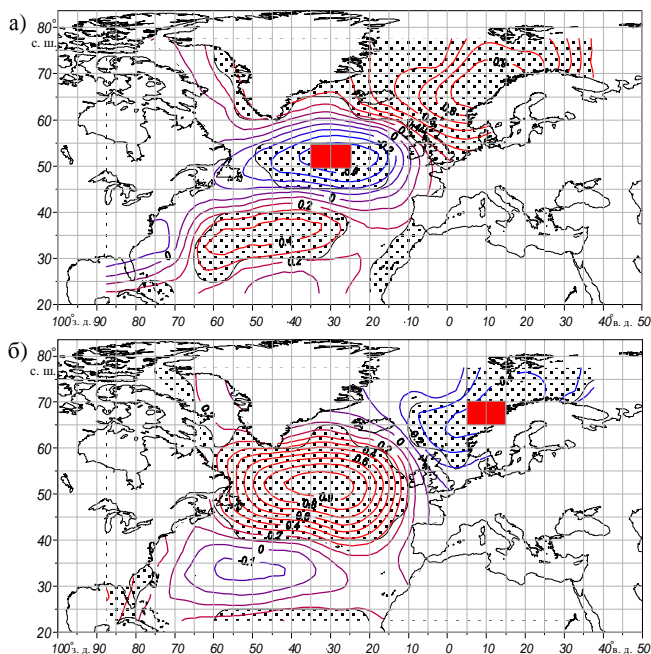


Рис. 1. – Поля коэффициентов корреляции между аномалиями ТПО в 1-м (а) и 2-м (б) информативных районах и аномалиями ТПО на акватории Северной Атлантики за период с января по март





 – центры информативных районов;  
 – зона статистически значимых коэффициентов корреляции на уровне 0.95.

Рис. 2. – Поля коэффициентов корреляции между аномалиями ТПО в 1-м (а) и 2-м (б) информативных районах и аномалиями ТПО на акватории Северной Атлантики за период с июня по август

При сравнении зимнего и летнего периодов отмечается изменение положения 1-го и 2-го информативных районов: небольшое смещение 1-го района к югу; 2-й район смещается на север (из Северного моря в Норвежское).

Предложен численный показатель Северо-Атлантического колебания в океане  $d\Delta T_w$ :

$$d\Delta T_w = \Delta T_2 - \Delta T_1, \quad (1)$$

который представляет собой разность аномалий ТПО в районе 2 ( $\Delta T_2$ , теплые течения) и в районе 1 ( $\Delta T_1$ , холодные течения). При  $d\Delta T_w > 0$  отмечается общее усиление течений и соответствующей им адвекции температуры воды. При  $d\Delta T_w < 0$  отмечается снижение интенсивности океанической циркуляции.

Выполнено исследование многолетних изменений показателя Северо-Атлантического колебания в океане  $d\Delta T_w$  и аномалии ТПО в 1-, 2-м информативных районах для периода январь-март и июнь-август. Получено, что линейный тренд показателя Северо-Атлантического колебания за период с 1940 по 2008 гг. в океане в зимний сезон положительный. При этом на фоне положительного тренда отмечались циклические колебания  $d\Delta T_w$  с переменным периодом. Летом показатель Северо-Атлантического колебания имеет небольшой положительный тренд, и в отличие от зимнего сезона испытывает более ярко выраженные двадцати – тридцатилетние флуктуации.

Исследована продолжительность сохранения аномалии ТПО в информативных районах. Анализ результатов показал, что для зимних аномалий ТПО продолжительность сохранения составляет в среднем 3 – 5 месяцев. В мае начинается летний период длительного сохранения температурных аномалий. Так, аномалии апреля, сохраняются максимум до июля (3 месяца), а майские аномалии прослеживаются до ноября (6 месяцев). При сравнении продолжительности сохранения аномалии ТПО в отдельных

информативных районах показано, что зимняя аномалия ТПО немного дольше сохраняется в 1-м районе, чем во 2-м.

Выполнен анализ показателей Северо-Атлантического колебания в атмосфере (NAO). В качестве характеристики NAO использованы разности давления на различных станциях за различные периоды осреднения, предложенные Н.П. Смирновым, В.Н. Воробьевым и С.Ю. Качановым: разность давления между Азорскими островами (Понта-Делгада) и Исландией (Акюрейри) (с декабря по февраль), (NAO<sub>1</sub>); разность давления между пунктами Лиссабон (Португалия) и Стиккисхоульмюр (Исландия) (с декабря по март), (NAO<sub>2</sub>); разность между непосредственными центрами действия атмосферы азорским максимумом и исландским минимумом (NAO<sub>3</sub>); разность давления в узлах сетки на строго фиксированном меридиане 30° з.д. в точках с координатами 45° с.ш. и 60° с.ш., (NAO<sub>4</sub>). А также NAO<sub>общ</sub> – первая главная компонента разложения, описывающая 84% общей дисперсии четырех исходных рядов. И индексы Восточно-Канадского и Северо-Европейского колебания как разности давления в узлах координатной сетки для зимы над северной частью моря Баффина (65° с.ш., 50° з.д., и 65° с.ш., 60° з.д.) (East Canadian Oscillation – ECO) и южной частью Норвежского моря (60° с.ш., 0° з.д., и 60° с.ш., 10° з.д.) (North European Oscillation – NEO).

Показано, что наиболее сильная связь наблюдается между показателем Северо-Атлантического колебания в океане  $d\Delta T_w$  и индексами NAO<sub>2</sub> и NAO<sub>общ</sub>. Корреляционная связь между индексами Северо-Атлантического, Восточно-Канадского колебаний и аномалиями ТПО во 2-м районе положительная, а в 1-м районе –

отрицательная. А с индексами Северо-Европейского колебания в атмосфере в целом существует обратная связь.

Полученные связи свидетельствуют о том, что Северо-Атлантическое колебание в атмосфере и океане представляет собой единый процесс. Усиление западно-восточного переноса над океаном ( $NAO_2$  и  $NAO_{общ}$  больше нормы) приводит к интенсификации течений и формированию положительных аномалий температуры воды в теплых течениях и отрицательных - в холодных течениях.

Выполнено сравнение полей синхронных коэффициентов корреляции между индексом  $NAO_{общ}$  и полем аномалии ТПО для периодов январь-март и июнь-август. Показано, что в зимний период область с минимальными значениями коэффициентов корреляции наблюдается у юго-западных берегов Гренландии, что соответствует положению 1-го информативного района. Области с положительными коэффициентами корреляции расположены у юго-восточных берегов Северной Америки, в системе течений Гольфстрима, и у западных берегов Европы, вблизи 2-го информативного района.

Установлено влияние Северо-Атлантического колебания в океане в зимний период (январь-март) на ледовитость в западном секторе Арктики. Показано что существует отрицательная корреляционная связь между характеристикой сплоченности ледяного покрова и зимним показателем  $d\Delta T_w$ , а максимальное значение приходится на апрель месяц. Это означает, что при усилении Северо-Атлантического колебания в океане, усиливается адвекция тепла в системе теплых течений Северной Атлантики в полярные широты. Что в свою очередь приводит к уменьшению количества льда в западном секторе

Арктики. При ослаблении Северо-Атлантического колебания происходит обратный процесс увеличения количества льда в Арктическом бассейне.

## **Глава 2. Экстремальные условия летней погоды на Европейской территории России**

Во второй главе рассматриваются индексы засушливости и избыточного увлажнения по Педю ( $S_i$ ) и Палмеру (PDSI).

Выполнена классификация полей  $S_i$  отдельно для двух временных отрезков с 1940 по 1979 гг. и с 1960 по 2000 гг., что позволило оценить повторяемость и разновидности экстремальных условий летней погоды для периода глобального похолодания климата (с 1940 по 1979 гг.) и периода современного его потепления (с 1960 по 2000 гг.). Классификация полей  $S_i$  выполнялась в два этапа: 1) с помощью древовидной кластеризации; 2) методом  $k$ -средних

Классификация полей  $S_i$  для периода май–июнь позволила выделить 3 типа экстремального состояния погоды. Установлено, что засухи ( $S_i \geq 2$ ) на Европейской территории России (ЕТР) формируются при частой повторяемости форм Ц и В атмосферной циркуляции по А.Л. Кацу (высотный гребень над ЕТР). Показано, что при переходе от периода глобального похолодания (с 1940 по 1979 гг.) к глобальному потеплению климата (с 1960 по 2000 гг.) резко возросла повторяемость засушливых условий на 48.4% (с 20 % до 68.4 %). Одновременно уменьшилось число лет с избыточным увлажнением на 21.4 % (с 42.5 % до 21.1 %). Таким образом, несмотря на то, что последнее глобальное потепление климата обнаруживается, главным образом, в холодный период года, в первой половине лета

(май–июнь) этого периода тоже возрастает повторяемость экстремальных (засушливых) условий погоды.

В результате классификации  $S_i$  месяцев июль-август периодов 1940-1979гг. и 1960-2000гг. также получены классы распределения  $S_i$  для условий засухи и избыточного увлажнения, причем при переходе от глобального похолодания к глобальному потеплению повторяемость полей как с засушливыми, так и с переувлажненными условиями лишь незначительно уменьшается. Переход от периода с 1940 по 1979 гг. к периоду с 1960 по 2000 гг. сопровождается уменьшением повторяемости полей с отрицательными значениями  $S_i$  на 1.4 % (с 30 % до 28.6 %), а с положительными на 5.7 % (с 20 % до 14.3 %).

### **Глава 3. Влияние Северо-Атлантического колебания на формирование экстремальных условий летней погоды в Европе**

В третьей главе представлены результаты изучения крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы в атлантико-европейском секторе Северного полушария.

Исследованы статистические связи показателей зимних крупномасштабных аномалий температуры воды в Северной Атлантике и показателя летних условий засухливости и избыточного увлажнения Палмера (PDSI) на территории Европы (рис. 3.).

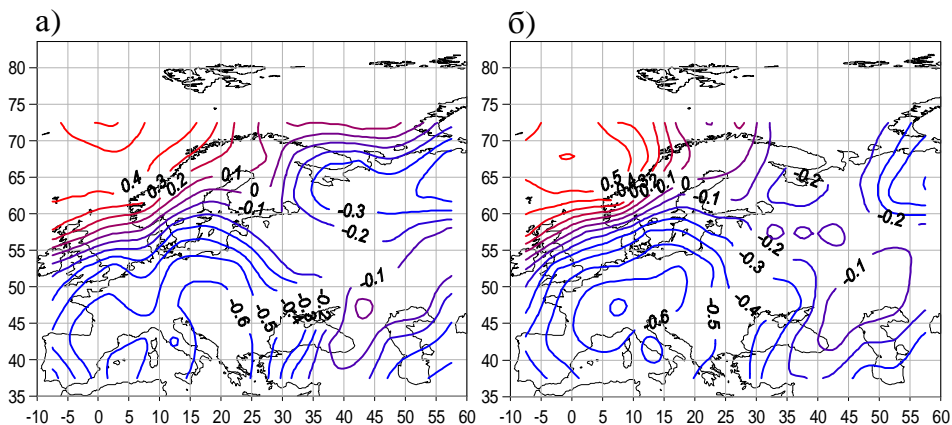


Рис. 3. Поля коэффициентов корреляции индекса засушливости за период май-июнь (а), июль-август (б) и показателя  $d\Delta T_w$  за период с января по март

В целом поля коэффициентов корреляции на рассматриваемой территории для периодов май-июнь и июль-август схожи. При этом почти на всей территории наблюдаются отрицательные значения коэффициентов корреляции с максимальными значениями вблизи Италии. Небольшая область положительных коэффициентов корреляции расположена на северо-западе. Отметим высокий уровень корреляции – до 0.7 в главном очаге.

Полученные связи можно интерпретировать с учетом ранее полученных выводов по определяющей роли атмосферной циркуляции в формировании засух и избыточного увлажнения (глава 2).



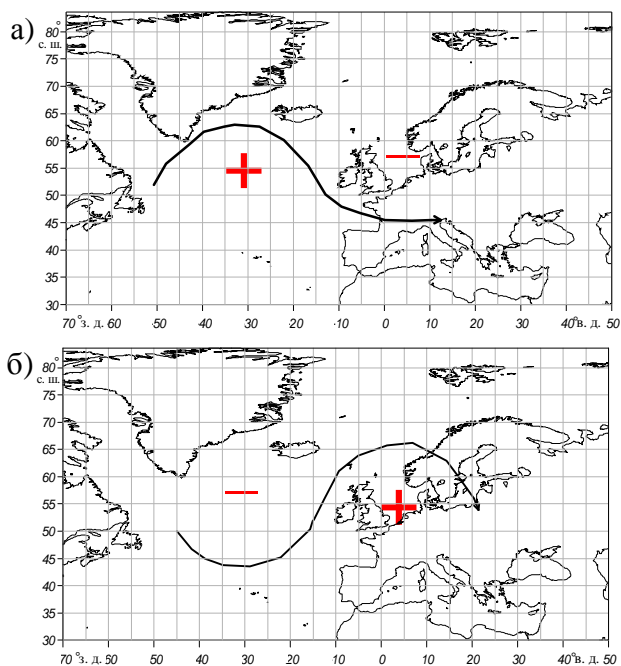


Рис. 4. Схема положения ВФЗ при различных аномалиях ТПО в информативных районах

При отрицательной аномалии температуры воды в 1-м районе и положительной во 2-м районе (рис. 4.б) формируется тип циркуляции схожий с меридиональным переносом типов С и 3 по Кацу (гребень над Западом Европы и глубокая ложбина к востоку). При обратном распределении аномалий (рис. 4.а): положительной аномалии в 1 районе и отрицательной во втором формируются типы циркуляции Ц и В по Кацу (ложбина над Европой и гребень к востоку).

Таким образом, при положительной аномалии ТПО в 1-м районе и отрицательной во 2-м районе, а, следовательно, при отрицательном значении показателя Северо-Атлантического колебания в океане

( $d\Delta T_w$ ) складываются наиболее благоприятные условия для засушливого лета. И, наоборот, при положительном показателе  $d\Delta T_w$  на территории Европы наблюдается избыточное увлажнение.

### **Основные выводы исследования**

В результате исследования установлено, что:

1. На акватории Северной Атлантики существуют районы, в которых крупномасштабные колебания аномалий ТПО происходят в противофазе, это районы главных теплых и холодных течений.
2. По аналогии с Северо-Атлантическим колебанием в атмосфере данный температурный диполь можно считать проявлением Северо-Атлантического колебания в океане. Предложен показатель Северо-Атлантического колебания в океане  $d\Delta T_w$ .
3. Северо-Атлантическое колебание в океане испытывает флуктуации масштаба десятилетия и вместе с тем имеет явно выраженный положительный тренд в течении всего 20 в., что свидетельствует о климатическом усилении циркуляции в океане. При этом данный тренд более выражен в зимнем сезоне.
4. Показатели Северо-Атлантического колебания в атмосфере и океане имеют хорошо выраженную положительную корреляцию. Это означает, что усиление западно-восточного переноса в атмосфере приводит к усилению адвекции в теплых течениях Северной Атлантики.
5. Сравнение временного хода показателя Северо-Атлантического колебания и сплоченности льдов в западном секторе Арктике

обнаружило отрицательную корреляционную связь между ними. Это означает, что усиление адвекции тепла в системе течений Северной Атлантики приводит к уменьшению ледового покрова в Арктике, и наоборот.

6. Аномалии Северо-Атлантического колебания в зимний период оказывают влияние на формирование летних аномалий погодных условий в Европе:
  - а. при усилении Северо-Атлантического колебания (положительные аномалии ТПО в Норвежском море) над большей частью Европы формируется устойчивая высотная ложбина и преобладает относительно холодная погода с избытком осадков;
  - б. при ослаблении Северо-Атлантического колебания (отрицательные аномалии ТПО в Норвежском море) над большей частью Европы возникает устойчивый высотный гребень и преобладает относительно теплая погода с дефицитом осадков.

### **Список основных работ по теме диссертации**

1. Классификация полей индекса атмосферной засушливости в связи с проблемой современных изменений климата // Метеорология и гидрология. – 2008. № 12. – С. 25-32 (совместно с Угрюмовым А.И.).
2. Результаты расчета ветро-волнового режима Баренцева, Норвежского и Гренландского морей // Навигация и гидрография.

– 2008. вып. 27. – С. 61-67 (совместно с Мاستрюковым С.И., Ульянец Е.К., Червяковой Н.В.).

3. Северо-Атлантическое колебание в океане и его влияние на ледяной покров в западном секторе Арктики // Ученые записки РГГМУ. – 2009. № 9 (совместно с Угрюмовым А.И. – в печати).