

ОКЕАНОЛОГИЯ

Н.П. Смирнов, В.Н. Воробьев, В.В. Дроздов

**ЦИКЛОНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ
И ОКЕАНА В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ**

N.P. Smirnov, V.N. Vorobyov, V.V. Drozdov

**CYCLONIC CENTER OF ATMOSPHERE
AND OCEAN ACTION IN NORTH ATLANTIC**

В качестве индикаторов атмосферного центра действия использовались значения атмосферного давления в центре Исландского минимума и его широты и значения индекса Северо-Атлантического колебания, представляющего разность давлений между центрами Азорского максимума и Исландского минимума давления. Показателями интенсивности циклонической циркуляции вод в той же области Северной Атлантики и Северо-Европейского бассейна явились альтиметрические спутниковые данные, данные по температуре воды на стандартных разрезах и величины переноса воды и тепла на разрезах через основные проливы этого региона. Исследовались сезонные и многолетние изменения характеристик центров действия атмосферы и океана и связь между ними. В результате установлена высокая корреляционная связь между изменениями интенсивности циклонической циркуляции атмосферы и океана в Северной Атлантике и Северо-Европейском бассейне Северного Ледовитого океана как в течение года, так год от года. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что мы имеем дело с единой динамической системой, центром действия атмосферы и океана, который определяет состояние климата в различных областях этой системы.

Ключевые слова: циклонические центры действия атмосферы и океана, циркуляция атмосферы, климат, Исландский минимум давления.

The atmospheric pressure values at the centre of the Icelandic low and its latitude, the index of the North Atlantic oscillation, which represents the pressure difference between the centers of the Azores high and Icelandic low pressures, are used as the indicator of an atmospheric action centre. The altimetry satellite data, data on water temperature in the standard profiles and the size of the water and heat transfer along the profiles in the main straits of the region serve as intensity indices of the cyclonic water circulation in the same area of the North Atlantic and North-European Basin. Seasonal and multiyear changes in characteristics of the atmospheric action centres and the ocean and the relationship between them are studied. As a result, a high correlation has been established between changes in the cyclonic circulation intensity of the atmosphere and ocean in the North Atlantic and North-European basin of the Arctic Ocean,

both during the year and from year to year. The results obtained allow us to conclude that this is a single dynamic system, the center of action of the atmosphere and ocean, which determines the climate state in various areas of the system.

Key words: cyclonic centers of the atmosphere and ocean, atmospheric circulation, climate, Icelandic low.

Понятие о центрах действия атмосферы было выдвинуто Тейсеран-де-Бором еще в 1873 г. И во второй половине XX в. они стали активно изучаться, особенно в Северном полушарии [Абрамов, 1966; Мартынова, 1990; Смирнов, Воробьёв, Кочанов, 1998; Смирнов, Воробьев, 2002; Стехновский, 1962; Стехновский, Цветкова, 1972]. В Южном полушарии их изучение началось недавно [Смирнов, Саруханян, Розанова, 2004].

Понятие центров действия атмосферы и гидросферы впервые было дано в работе [Трешников и др., 1974], но почему-то не получила дальнейшего развития. Хотя вполне очевидно, что под всеми квазистационарными циклоническими и антициклоническими центрами действия атмосферы в океане существуют соответствующие круговороты вод. При этом квазистационарные центры действия атмосферы наблюдаются только над океаном, что подчеркивает их прямую связь. Поэтому эти системы циклонических и антициклонических круговоротов воздушных масс в атмосфере и вод в океане следует рассматривать как единые центры действия атмосферы и океана.

Первая попытка исследовать единую циклоническую систему в атмосфере и океане в регионе Северной Атлантики и была предпринята в настоящей работе.

Основная сложность исследования таких систем связана с океаном, где очень мало данных, позволяющих оценить изменения интенсивности циркуляции вод. Более всего данных можно найти по Северной Атлантике. Поэтому для исследования и была выбрана Северная Атлантика, где расположен Исландский минимум давления, с отрогом низкого давления до моря Лаптевых, представляющий гигантскую циклоническую вихревую систему, охватывающую всю Северную Атлантику и большую часть Северного Ледовитого океана [Смирнов, Воробьёв, Кочанов, 1998]. В соответствии с ней в океане наблюдается гигантский круговорот вод, начинающийся Северо-Атлантическим течением и далее Норвежским течением и его ответвлением, проникающим уже на глубине вплоть до Восточно-Сибирского моря. От северных же границ Восточно-Сибирского моря начинается трансарктический перенос вод и льдов через весь Арктический бассейн до пролива Фрама и далее Восточно-Гренландское течение, Западно-Гренландское и Лабрадорское, которое замыкает этот круговорот.

В качестве данных по океану использовались: альтиметрические данные [www.avisioceanobs.com; www.nodc.noaa.gov; www.podaac.jpl.nasa.gov], данные по температуре воды и данные расчетов потоков вод на отдельных разрезах и в проливах, соединяющих Атлантику с Северо-Европейским бассейном, и в проливе Фрама [Dickson, Meincke, Rhines, 2008].

Сезонные и многолетние колебания циркуляции вод в Северной Атлантике

На рис. 1 и 2 представлены сезонные изменения потока Атлантических вод в Северо-Европейский бассейн через Фареро-Шетландский пролив и общий поток вод в среднем с 1948 по 2005 г.

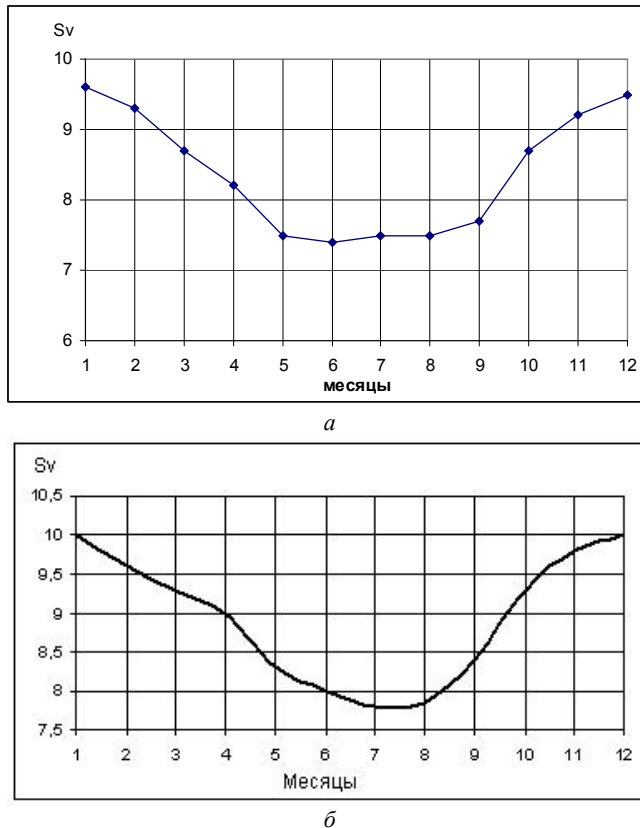


Рис. 1. Среднемесячные значения интенсивности потока атлантических вод, проникающих в Арктику через Фареро-Шетландский пролив (а) и общего потока вод (б), осредненные за период с 1948 по 2005 г.

Как видно из рис. 1, максимальный поток вод наблюдается в зимний период с ноября по февраль, а минимальный – летом с мая по август.

Следует сразу оговорить, что значения потока вод в отдельные годы могут заметно отличаться от приведенных средних значений. Например, в 2001 г. максимальные значения наблюдались в августе–сентябре, а минимум – даже в январе (рис. 2).

В такие годы происходит усиление потока вод вдоль западного побережья Исландии. Таким образом, анализ сезонной изменчивости потоков атлантических вод в Арктический бассейн выраженных в единицах вертикального обоб-

щенного объема (Sv) показал следующее: для сезонных значений интенсивности проникновения атлантических вод в Северо-Европейский и далее в Арктический бассейн свойственна значительная межгодовая изменчивость. Причем заметным колебаниям могут быть подвержены как сроки наступления экстремумов, так и амплитуды изменчивости значений.

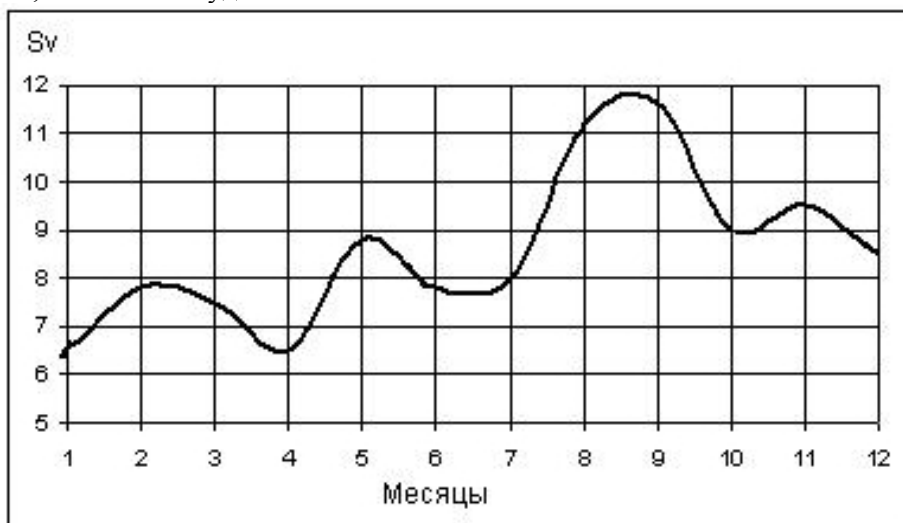


Рис. 2. Особенности среднемесячной изменчивости интенсивности общего потока Атлантических вод, проникающих в Арктику в 2001 г.

Однако средний поток вод за исследуемый период достигает максимума зимой, а минимума – летом, и только значения потока вод вдоль западного побережья Исландии имеют особенность. Их максимум наступает осенью, а минимум – весной.

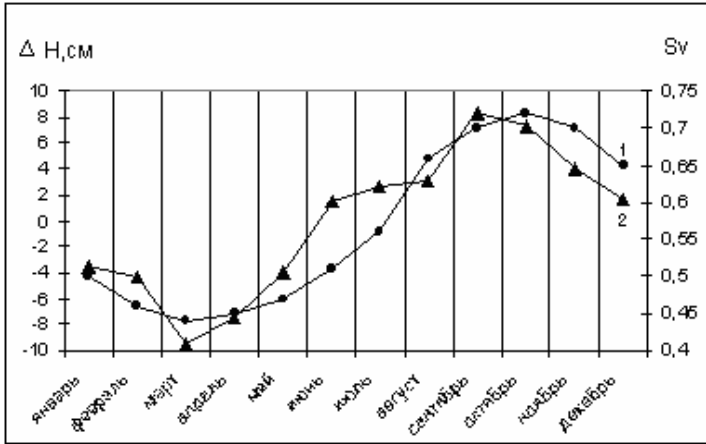
Проанализируем теперь характер связи между основными потоками атлантических вод и уровненным режимом океана в высокоширотных районах (рис. 3). Для этого используем сезонные данные о динамике уровня, полученные на основе спутниковой альтиметрии, осредненные за доступный период наблюдений с 1993 по 2008 г. Мы видим, что возрастанию интенсивности проникновения атлантических вод в Арктику вдоль западного побережья Исландии соответствует почти синхронное увеличение уровня океана в северной части Гренландского моря.

Рис. 3, б демонстрирует степень и характер связи между сезонными значениями самого мощного из рассматриваемых потоков атлантических вод, проходящим через Фареро-Шетландский пролив, и внутригодовым уровненным режимом на северной границе Северного моря.

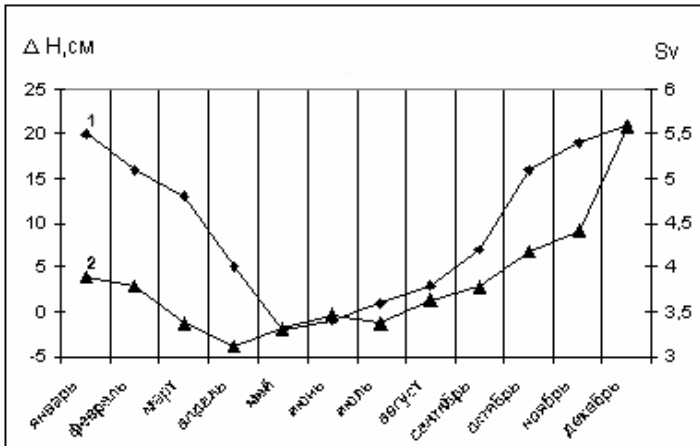
Таким образом, изменчивость уровня океана является вполне эффективным индикатором параметров его циркуляции и более широкое привлечение спутниковых наблюдений за динамикой уровненной поверхности позволит в даль-

нейшем детализировать наши представления о сезонном и межгодовом режиме, а также пространственной направленности важнейших течений региона.

Это может служить убедительным свидетельством адекватности использования альтиметрических данных в качестве показателей оценивающих циркуляцию вод в Северо-Атлантическом регионе.



а



б

Рис. 3. Сравнение: а – среднемесячных значений интенсивности потока атлантических вод вдоль западного побережья Исландии (1) с изменениями уровня океана высокоширотном районе Гренландского моря (75,4° с.ш., 0° з.д.) (2) и б – среднемесячных значений интенсивности потока атлантических вод через Фареро-Шетландский пролив (1) с уровнем океана в северной части Северного моря (70° с.ш., 6,7° в.д.) (2)

Анализ сезонных изменений температуры воды в сравнении с расходами воды не представляет смысла, поскольку они тесно связаны между собой. Наи-

более длинный ряд наблюдений температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» всегда рассматривался как индикатор усиления или ослабления потока Атлантических вод в Арктический бассейн. Именно с этой целью и выполнялся различными странами целый ряд температурных разрезов на пересечении основных океанических потоков.

На рис. 4 приведены значения потоков воды за год через Фареро-Шетландский пролив (атлантические теплые воды поступают в Северный Ледовитый океан), и поток холодных вод, поступающий из Арктического бассейна через пролив Фрама в Гренландское море.

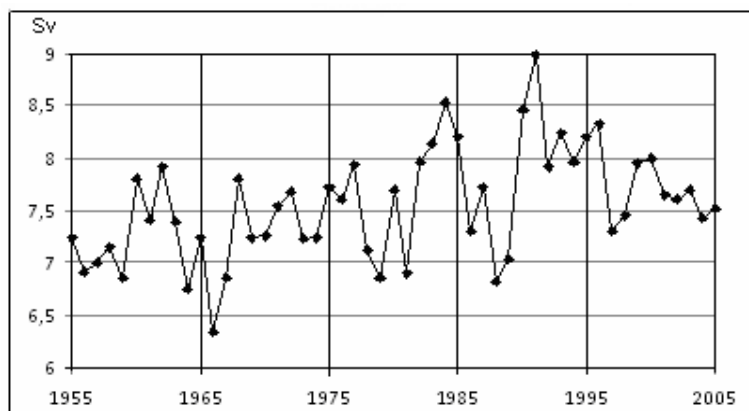
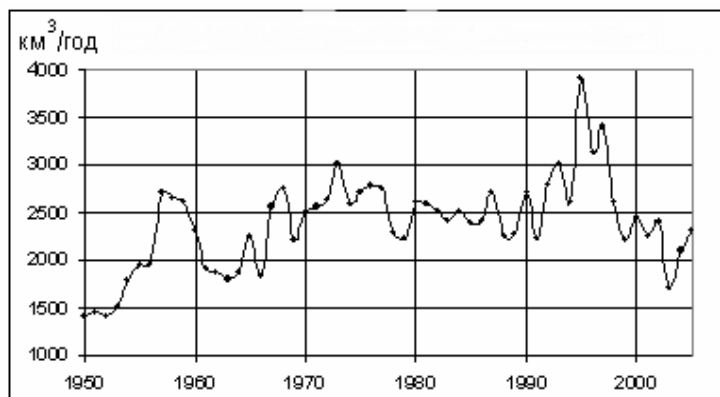
*a**б*

Рис. 4. Многолетняя динамика годового потока воды через Фареро-Шетландский пролив (*a*) и среднего годового потока пресных вод в Атлантику через пролив Фрама (*б*)

Из рисунка следует, что по сравнению с 50-ми годами прошлого века к середине 90-х годов потоки вод возросли как на север в Арктический бассейн, так и в обратном направлении из Арктического бассейна в Северную Атлантику.

Таким образом, можно говорить об увеличении водообмена между Северной Атлантикой и Северным Ледовитым океаном в этот период. В конце 90-х годов прошлого столетия и начале нынешнего потоки вод через проливы заметно снизились, что свидетельствует об ослаблении водообмена между Северной Атлантикой и Северным Ледовитым океаном.

Увеличение, т.е. интенсификация, потока теплых атлантических вод на север сопровождалась и увеличением температуры воды в ядре атлантических водных масс на международных разрезах в Норвежском и Баренцевом морях.

На рис. 5 приведено сравнение многолетней изменчивости потока вод через Шетландский пролив с температурой воды на Баренцевоморском разрезе и разрезе «Кольский меридиан» в слое 0–200 м. В обоих случаях получены статистически значимые коэффициенты корреляции (соответственно $r = 0,446$ и $r = 0,435$ при $P = 99\%$). Отсюда следует, что поток атлантических вод, проникающий в Арктический бассейн через Шетландский пролив, является мощным предиктором, определяющим динамику температуры поверхностного и глубинного горизонтов Баренцева моря.

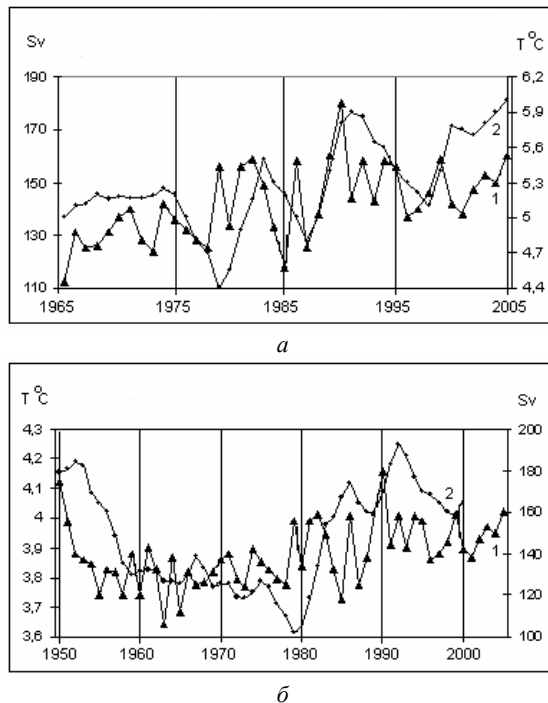
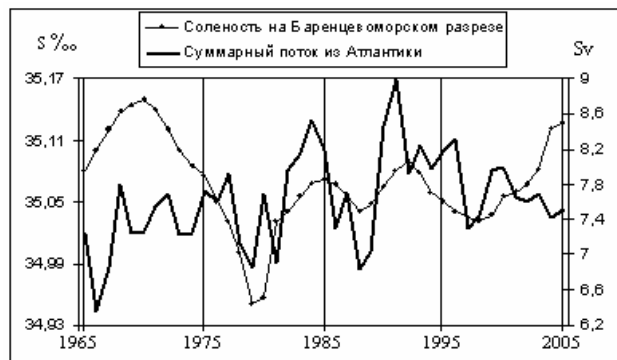


Рис. 5. Сравнение многолетней динамики обобщенного по вертикали потока тепла через Шетландский пролив (1) с изменчивостью температуры воды на Баренцевоморском разрезе (2) (а) и динамики потока тепла через Шетландский пролив (1) с температурой воды на разрезе «Кольский меридиан» (2) (б)

На рис. 6 представлены особенности многолетней динамики осредненных по трехлетиям значений солёности в ядре атлантических водных масс на океанологических разрезах Свиноу и Баренцевоморский. Заметно, что величины солёности на разрезе Свиноу, находящемся в юго-западной части Норвежского моря и в большей близости к проникающим в Северо-Европейский бассейн атлантическим водным массам, на всем периоде наблюдений превосходит соответствующие величины солёности на расположенном восточнее Баренцевоморском разрезе. Выделяются два основных периода экстремумов – период 1979–1980 гг., когда были зарегистрированы наиболее низкие значения солёности за весь имеющийся период наблюдений и период с 2004 по 2005 г., когда на обоих разрезах синхронно произошло резкое возрастание солёности воды. Кроме того, весьма значительное увеличение солёности наблюдалось на Баренцевоморском разрезе в период с 1969 по 1971 г. Очевидно, значения солёности воды, несмотря на значительную консервативность данной океанологической характеристики, должны во многом зависеть от интенсивности притока в западную Арктику более солёных вод атлантического происхождения.



а



б

Рис. 6. Сравнение многолетней динамики солёности воды на разрезах: а – Свиноу (1), б – Баренцевоморском (1) и величин потока атлантических вод через Шетландский пролив (2)

В заключение был выполнен спектральный анализ многолетних изменений потока вод через Фареро-Шетландский пролив (рис. 8) и рассчитан тренд за период 50 лет с 1955 по 2005 г. Несмотря на то, что ряд короткий, можно с уверенностью говорить о том, что наиболее выраженные циклические колебания в потоке вод происходят с периодом около 7–8 лет. Можно предполагать также наличие циклических колебаний с периодами около 2,5 и 20 лет, а также колебание, соизмеримое с длиной ряда.

Кроме того, за 50-летний период наметился положительный тренд, свидетельствующий об увеличении потока теплых вод в Арктику через Фареро-Шетландский пролив, начиная с середины 50-х годов к началу XXI века. То есть интенсификация водообмена Северной Атлантики с Северным Ледовитым океаном является характерной чертой изменчивости динамики вод циклонического круговорота во второй половине XX столетия.

Закономерности сезонной и многолетней изменчивости циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой

В сезонных изменениях в центре Исландской депрессии наблюдается четко выраженная годовая волна с максимумом летом и минимумом зимой. Таким образом, интенсивность циклонической циркуляции в регионе Исландского минимума возрастает зимой и ослабевает в летние месяцы.

В изменениях широты и долготы центра Исландской депрессии также преобладают в сезонном ходе волны с годовым периодом. Различия наблюдаются в моментах наступления экстремумов волн. Так, самое северное положение центр Исландского минимума давления занимает осенью, а самое южное – весной.

Изменения по долготе характерны тем, что на запад центр действия максимально смещается в конце зимы – начале весны, а к востоку – в конце лета – начале осени.

Для оценки интенсивности циркуляции важным индексом является разность давления между циклоническим центром действия и расположенным к югу от него антициклоническим образованием (в Северной Атлантике это – Азорский антициклон).

На рис. 7 приведены сезонные изменения разности давления между центрами действия в Северной Атлантике. Как видно на рисунке, меридиональный градиент давления над Северной Атлантикой максимален зимой и достигает тридцати и более гПа.

Именно поэтому для оценки интенсивности зональной и меридиональной циркуляции обычно используется индекс Северо-Атлантического колебания (North Atlantic Oscillation – NAO), который наиболее широко используется в научных исследованиях циркуляции атмосферы и климата, определяется средней разностью давления между центрами за три зимних месяца.

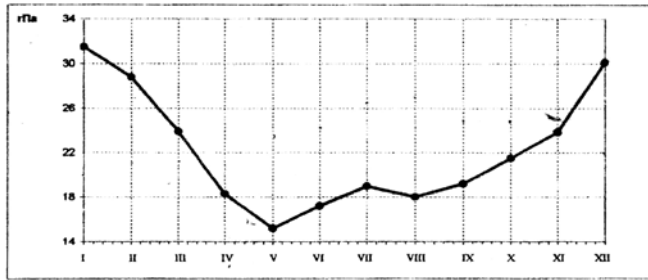


Рис. 7. Сезонные изменения разности давления между центрами действия в Северной Атлантике

На рис. 8 представлены значения давления и координат центра в среднем за три зимних месяца Исландского минимума давления, а в табл. 1 приведены средние за десятилетия значения этих характеристик.

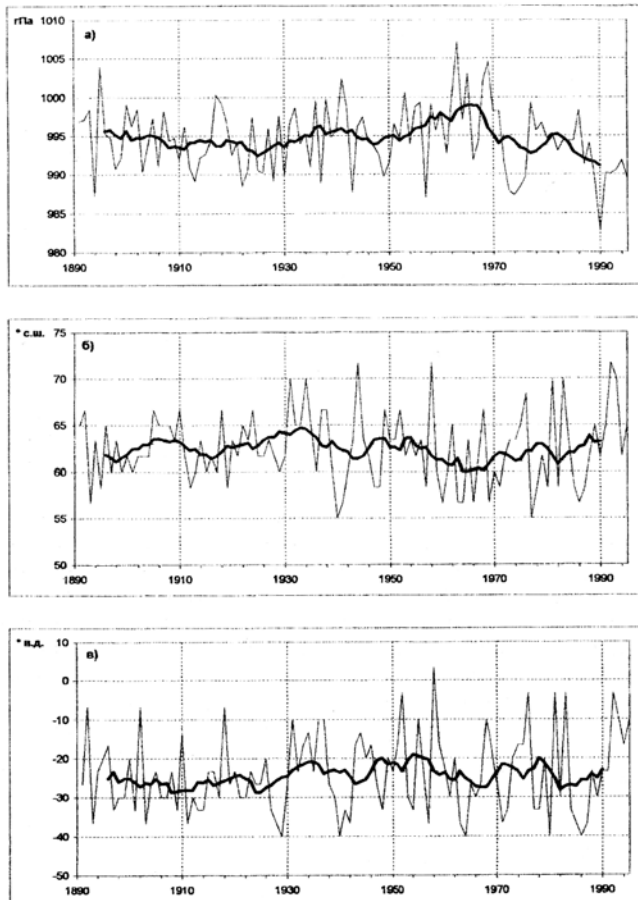


Рис. 8. Изменения давления в центре (а), широты (б), долготы (в) исландского минимума давления в среднем за зиму (декабрь–февраль) и их 11-летние скользящие средние (жирная линия)

Анализируя изменения давления в Исландском минимуме можно отметить следующее. С конца позапрошлого века давление в центре падало, но с конца 20-х годов оно начало расти, и особенно заметный рост наблюдался в 50-е годы. С начала 70-х годов давление вновь стало падать вплоть до середины 90-х годов, за исключением короткого промежутка в первой половине 80-х годов. Изменения средних за зиму значений всех параметров хорошо отражают и их изменения в среднем за год.

Такие изменения давления свидетельствуют об интенсификации Исландского минимума давления к 30-м годам прошлого столетия, после чего наблюдалось интенсивное его ослабление с максимумом давления в 60-е годы. В дальнейшем он снова значительно интенсифицируется в 90-е годы прошлого столетия.

По широте наблюдалось смещение к югу с конца позапрошлого столетия до начала 20-х годов прошлого столетия. Затем началось смещение к северу. В 30-е годы Исландский минимум занимал наиболее северное положение. Затем началось его смещение к югу, и в 60-е годы он занимал самое южное положение, после чего снова сместился к северу и в 90-е годы прошлого столетия занимал самое северное положение.

Смещения по долготе носят менее закономерный характер. Можно только отметить западное смещение центра в 60-е годы прошлого столетия и заметное смещение на восток в 90-е годы.

Между изменениями широты и долготы наблюдается определенная связь, и смещение центра Исландского минимума давления происходит, как правило, в направлении северо-восток – юго-запад, и наоборот.

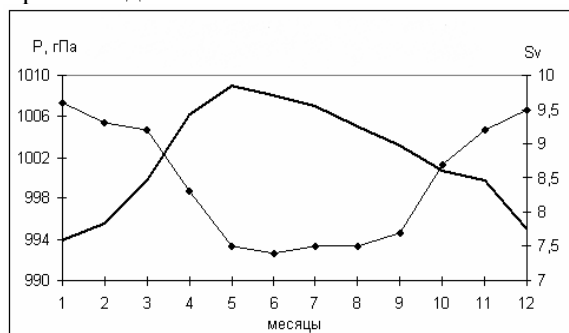
В структуре многолетней изменчивости давления в центре Исландского минимума можно выделить пики по периодам около 60 лет, 20 лет, 7, 6 и 2,4 года. Тренд практически отсутствует. Основное колебание, т.е. колебание, имеющее наибольшую амплитуду, имеет период в 7,6 лет.

Центры действия атмосферы и океана как единая система

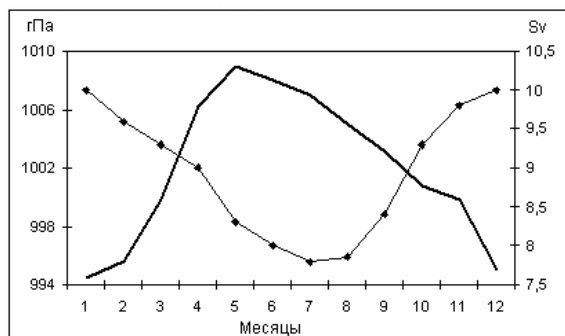
На рис. 9 приведено сопоставление изменений потока вод через Фареро-Шетландский пролив и общего потока в течение года с изменениями давления в центре Исландской депрессии. Сопоставление убедительно подтверждает синхронность изменений интенсивности Исландского минимума давления и величин потока вод в восточной ветви циклонического круговорота вод в северной Атлантике и Северном Ледовитом Океане. При этом максимум интенсивности атмосферной циркуляции и интенсивности циркуляционной системы в океане совпадают, а минимум в атмосфере наступает на два месяца раньше, то есть наблюдается некоторая инерционность в изменениях океанической циркуляции по отношению к атмосферной.

По-видимому, на изменения интенсивности циркуляции в океане, прежде всего, на изменения ее в пространстве, оказывает влияние и положение центра действия атмосферы. На рис. 10 приведено сопоставление широты центра Ис-

ландского минимума давления в течение 2001 г. с изменениями потока атлантических вод у берегов Исландии. В 2001 г. смещение Исландского минимума давления к северу было аномальным, и центр его располагался к северу от Исландии. При смещении же Исландского минимума давления к юго-западу поток атлантических вод к северу ослабевает, т.е. ослабевает весь циклонический круговорот вод в Северном Ледовитом океане.



a



б

Рис. 9. Сопоставление сезонного изменения давления в центре Исландского минимума и сезонной изменчивости потока вод через Фареро-Шетландский пролив (*a*) и с общим потоком вод из Атлантики в Северный Ледовитый океан (*б*)

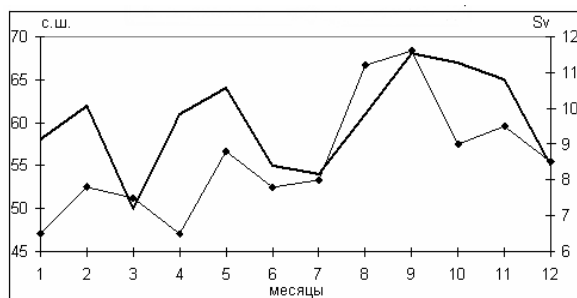


Рис. 10. Сопоставление сезонного изменения широты центра Исландского минимума и сезонной изменчивости общего потока вод в Арктический бассейн за 2001 г.

Переходя к анализу многолетних колебаний, в первую очередь рассмотрим, как связаны потоки в океане с изменением уровня.

На рис. 11 приведены значения потока вод через Фареро-Шетландский пролив с аномалиями уровня в трех точках Северной Атлантики. Из рисунка четко следует обратная связь потока вод с аномалиями уровня в точках к северу от пролива и прямая – с аномалиями уровня к югу от пролива. К сожалению, короткие ряды не позволяют привести более детальный анализ.

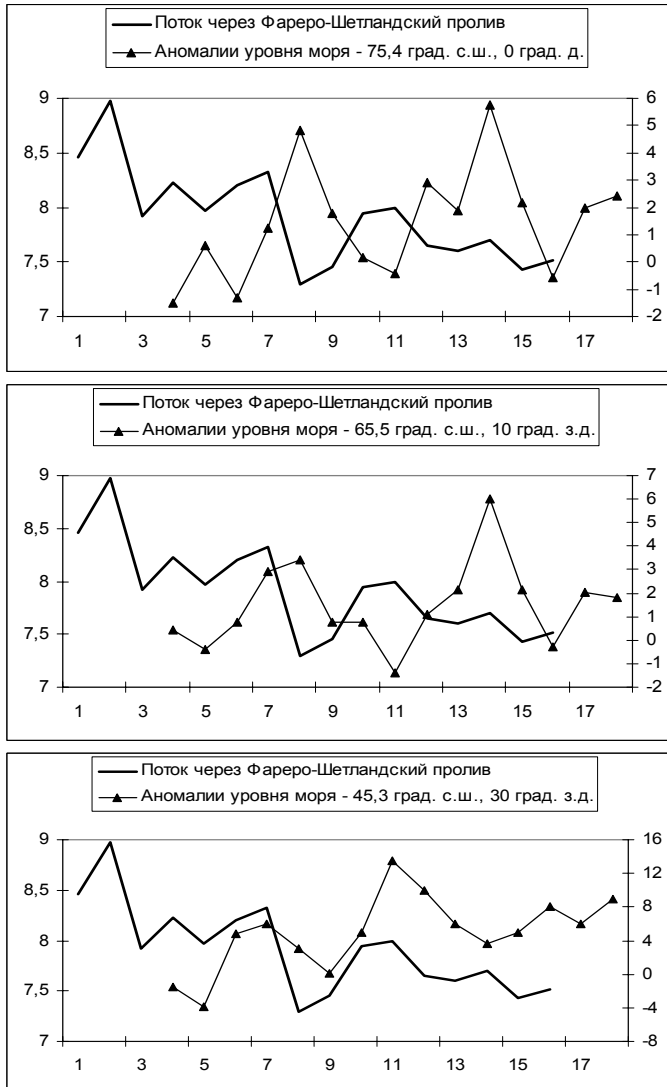


Рис. 11. Сопоставление потока вод через Фареро-Шетландский пролив с аномалиями уровня в различных точках Северной Атлантики по альтиметрическим данным

На рис. 12 приведено сопоставление не сглаженных значений потока вод через Фареро-Шетландский пролив и давления в центре Исландской депрессии.

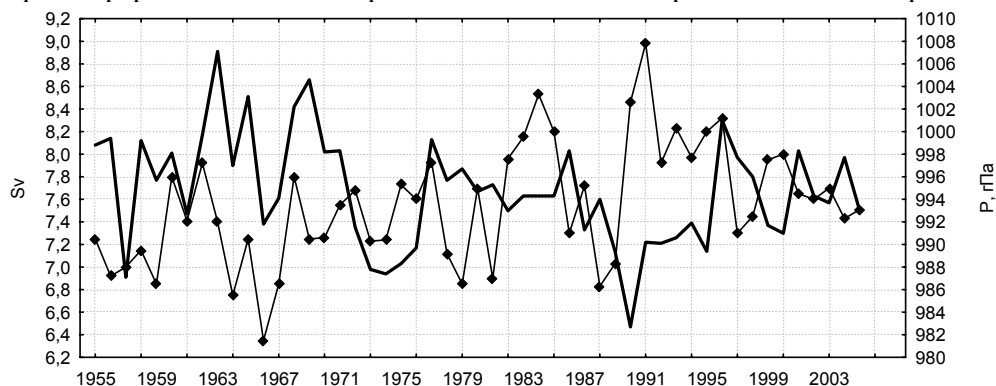


Рис. 12. Сопоставление потока вод через Фареро-Шетландский пролив (1) со значениями давления в центре Исландского минимума давления (2)

Многолетняя изменчивость потока вод на север в западной части циклонического круговорота зависят как от интенсивности Исландской депрессии, так и от ее широтного положения. Усиление потока вод в циклоническом круговороте происходит при интенсификации центра действия атмосферы и его смещение к северу. Коэффициенты корреляции во всех случаях значимы и равны $-0,54$, $-0,72$ и $0,77$.

Общее усиление циркуляции атмосферы в Северной Атлантике, когда интенсифицируются как циклонический центр действия (Исландский минимум давления), так и антициклонический (Азорский максимум давления), характеризуется широко используемым в настоящее время индексом Северо-Атлантического колебания (North Atlantic oscillation – NAO). На рис. 13 представлено сопоставление несглаженных (*a*) и сглаженных (*b*) значений индекса NAO с потоком вод через Фареро-Шетландский пролив. Коэффициенты корреляции соответственно $0,65$ и $0,83$.

Что же происходит на противоположной ветви циклонического круговорота, лучше всего проследить по многолетним переносам вод через пролив Фрама. На рис. 14 приведены сопоставления переносов пресной воды через пролив Фрама, и характеристик Исландского минимума давления и значений индекса Северо-Атлантического колебания. Корреляции везде значимы и равны соответственно $-0,55$, $0,56$ и $0,57$. Судя по рисунку и значениям коэффициентов корреляции, связь несколько слабее по сравнению с переносами вод в восточной ветви циклонического круговорота, однако достаточно высока. Некоторое уменьшение связи отчасти связано с уменьшением точности определения переноса вод в проливе Фрама по сравнению с Фареро-Шетландским проливом, а во-вторых, некоторым влиянием Арктического антициклона на величину переноса вод в рассматриваемом циклоническом круговороте.

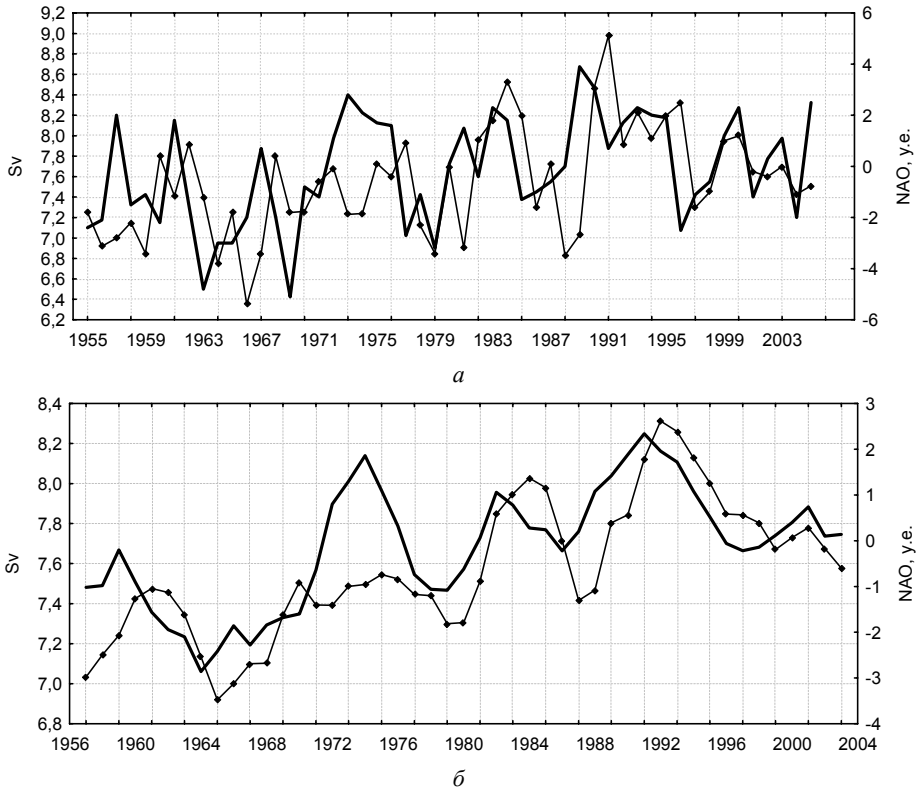


Рис. 13. Сопоставление потока вод через Фареро-Шетландский пролив и значений индекса Северо-Атлантического колебания NAO (жирная линия) за период с 1957 по 2003 г. (несглаженных (а) и сглаженных (б) по пятилетиям)

Однако в целом есть все основания считать за последние 50 лет атмосферный циклонический круговорот и циклонический круговорот вод интенсифицировались и ослабевали в одно и то же время и работали как единая система. Можно отметить некоторое небольшое запаздывание в наступлении экстремумов в интенсивности океанического круговорота относительно атмосферного, которое составляло 1–2 года. Поэтому можно предполагать, что импульс к изменениям в интенсивности и положении центров действия атмосферы и океана в Северной Атлантике идет от атмосферы.

Однородность изменчивости во времени приводит к тому, что спектры изменений как потоков в океане, так и атмосферных характеристик оказываются достаточно идентичными, с основным циклическим колебанием около 7–8 лет. Возможно, что это имеет системную природу, т.е. это собственное колебание именно этой системы. Интересно, что атмосферные индексы за 100 лет не показывают наличия тренда, а океанические за 50 лет фиксируют наличие положительного тренда. Поэтому нами были рассчитаны тренды за те же 50 лет и для атмосферных индексов.

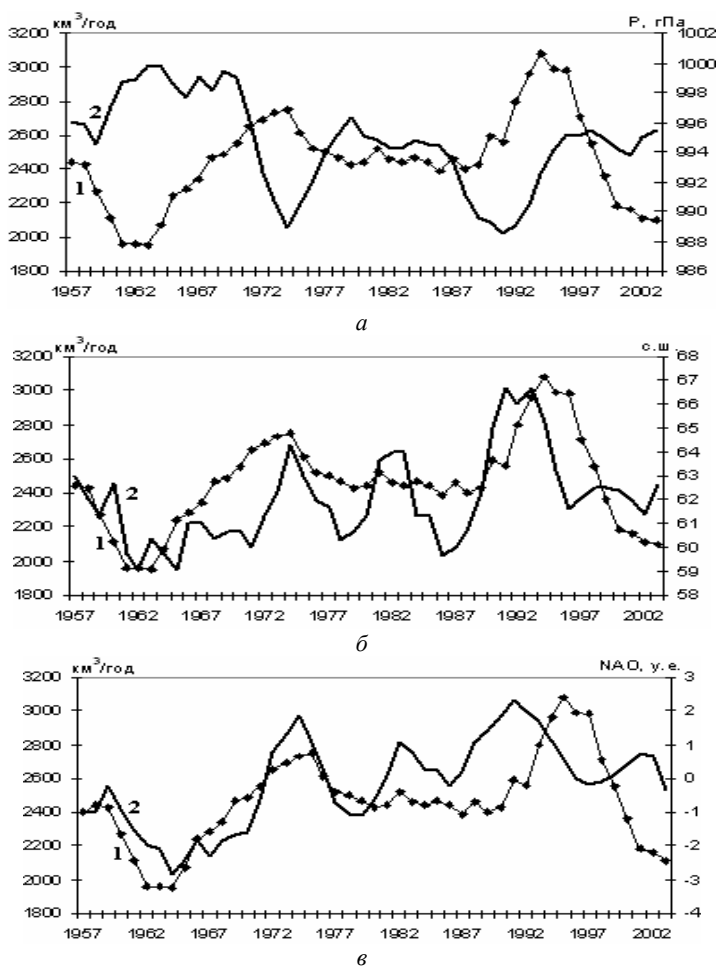


Рис. 14. Сопоставление сглаженных по 5-летиям значений переноса пресной воды через пролив Фрама (1) с изменениями давления в центре Исландской депрессии (а), изменениями широты центра (б), и изменениями индекса Северо-Атлантического колебания (в) (2)

На рис. 15 представлены тренды в изменениях давления Исландской депрессии и в изменениях потока вод через Фареро-Шетландский пролив и пролив Фрама. Рисунок убедительно свидетельствует о том, что в последние 50 лет (с 1955 по 2005 г.) и в изменениях интенсивности Исландского минимума давления имел место заметный тренд. Исландский минимум интенсифицировался, что приводило к интенсификации циклонической циркуляции и в атмосфере, и в океане.

Таким образом, вся временная структура динамики в атмосферном и океаническом круговоротах вод свидетельствует, что имеет место единая система, единый центр действия атмосферы и океана.

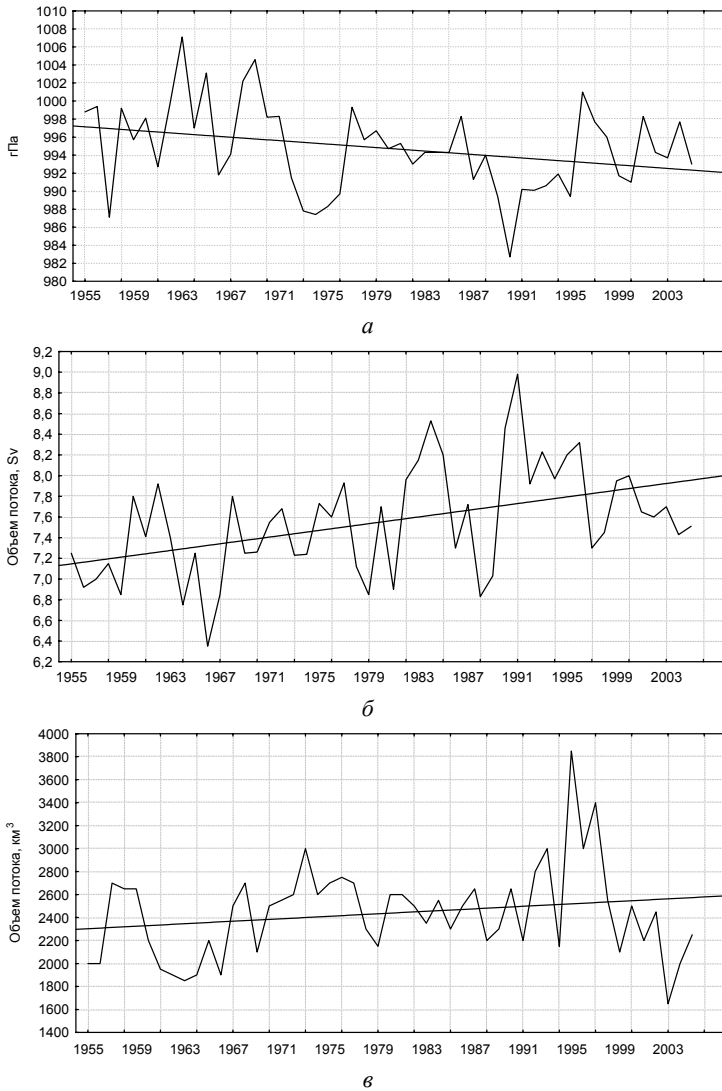


Рис. 15. Тренды изменений давления в центре Исландской депрессии (*a*) и в изменении потока вод через Фареро-Шетландский пролив (*б*) и через пролив Фрама (*в*)

Заключение

В результате выполненного исследования можно прийти к следующим выводам:

- для циркуляции атмосферы и гидросферы характерно наличие вихревых масштабных структур, представляющих единые циклонические и антициклонические системы, которые можно рассматривать как центры действия атмосферы и океана;

– для одной из самых масштабных структур – циклоническому круговороту воздушных масс в атмосфере и вод в океане в Северной Атлантике – характерно синхронное изменение в интенсивности и положении в пространстве;

– структура изменчивости в обеих частях Атлантической циклонической системы одинакова. Определяющим колебанием в изменениях интенсивности циклонической циркуляции воздушных масс и вод океана является периодичность 7–8 лет, которая формируется, по-видимому, в результате взаимодействия атмосферы, гидросферы и льдов в самой системе. Можно отметить также наличие более слабых колебаний с периодами около 20 лет, 10–12 лет, 2–3 лет, а также проявившегося в последние 50 лет тренда, свидетельствующего об интенсификации воздухообмена и водообмена в Северной Атлантике и Северном Ледовитом океане во второй половине прошлого столетия;

– учитывая небольшое запаздывание в наступлении экстремумов в океанических характеристиках системы относительно атмосферных, можно полагать, что атмосфера, как более динамичная система создает первичный импульс, ведущий к изменениям во всей системе;

– установленная связь характеристик системы с данными по уровню, полученными на основе спутниковых альтиметрических наблюдений, позволяет в будущем осуществлять постоянный мониторинг за центрами действия атмосферы и океана и на этой основе попытаться разработать методику долгосрочного прогноза изменений климата в отдельных регионах Земли.

Литература

1. *Абрамов П.В.* Многолетние и сезонные изменения географического положения Исландского минимума атмосферного давления // Изв. ВГО, 1966, т. 98, вып. 4, с. 315–325.
2. *Мартынова Т.В.* О колебаниях положения и интенсивности центров действия атмосферы. // Метеорология и гидрология, 1990, № 4, с. 50–55.
3. Международная база данных AVISO [<http://www.aviso.oceanobs.com>].
4. Национальный центр океанографических данных (National Oceanographic Data Center WOCE v3) [<http://www.nodc.noaa.gov>].
5. Национальное аэрокосмическое агентство США – база данных PO.DAAC [<http://www.podaac.jpl.nasa.gov>].
6. *Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Кочанов С.Ю.* Северо-Атлантическое колебание и климат. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006.
7. *Смирнов Н.П., Саруханян Э.И., Розанова И.В.* Циклонические центры действия атмосферы Южного полушария и изменения климата. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004.
8. *Смирнов Н.П., Воробьев В.Н.* Северо-Тихоокеанское колебание и динамика климата в северной части Тихого океана. – СПб.: изд. РГГМУ, 2002.
9. *Стехновский Д.И.* Барическое поле земного шара – М.: Гидрометеоиздат, 1962.
10. *Стехновский Д.И., Цветкова А.П.* Барическое поле и средние месячные изменения географического положения и интенсивности центров основных барических образований над Атлантическим и Тихим океанами (Северное полушарие) за 1931–1960 гг. // Труды Гидрометцентра СССР, 1972, вып. 107, с. 45–49.
11. *Трешников А.Ф. и др.* Центры действия атмосферы и гидросферы // Проблемы Арктики и Антарктики, 1974, вып. 43–44, с. 153–170.
12. *Dickson R.R., Meincke J., Rhines P.* Arctic-Subarctic Ocean fluxes: Defining the role of the northern seas in climate. – The Netherlands, Dordrecht.: Springer, 2008.