

УДК 551.58

ЗОНЫ ИНТЕНСИВНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НАД СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКОЙ, ПОВЕРХНОСТЬ 700 ГПА, НОЯБРЬ

Э. Н. Серга, И. Н. Серга

*Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, Serga_ed@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-6470-8540>*

Предлагаются схемы районирования полей главных компонент векторов состояний гидрометеорологических характеристик на высотах поверхности 700 гПа над экваторией Северной Атлантики. Для районирования применён алгоритм УИМКД (Универсальный итерационный метод кластеризации данных). Представлен физико-статистический анализ распределения параметров энергетического состояния воздуха обоснованный с научной точки зрения. Показано, что в пространственном распределении первой компоненты однородные зоны являются крупномасштабными. Зоны в распределениях второй и третьей главных компонентах имеют значительно меньший масштаб и множественный характер. Кластеры характеризуются процессами различной интенсивности.

Ключевые слова: атмосфера, температура воздуха, вихрь скорости, Северная Атлантика, поверхность 700 гПа, репрезентативный вектор, кластер, весовая нагрузка, главная компонента.

1. ВВЕДЕНИЕ

Выявленные океанские энергоактивные зоны (например, сезонные, циклические) во многом описаны в современной научной литературе [например, 1, 2, 3]. Они характеризуются повышенными значениями потоков тепла и влаги. Проявление подобных зон на различных высотах в атмосфере, их характеристики, имеют только общее представление, связанное с энергетикой процессов в атмосфере. Однако изучение динамики границ указанных зон в результате климатических изменений, усиления (ослабления) интенсивности процессов, характеризующих взаимодействия внутри их, требует более глубоких исследований. Так, например, для изучения процессов взаимодействия в приводном слое экватории океана в области действия среднеширотных циклонов в виде вертикальных турбулентных потоков тепла и импульса на различных временных масштабах исследуются возможности спутниковых СВЧ-радиометрических методов [4, 5]. Решение этой задачи может позволить более точно рассчитать аномалии значений параметров в зонах интенсивных взаимодействий атмосферы и океана, и определить, в том числе и для вышележащих слоёв атмосферы, объективные границы указанных зон [6].

Поверхность 700 гПа относится к средней тропосфере. Формирование гидрометеорологических характеристик на этом уровне обусловлено как процессами взаимодействия подстилающей поверхности с приземным слоем воздуха, так и процессами в свободной атмосфере.

Подобные процессы различных масштабов и разной интенсивности приводят к возникновению неоднородностей в полях гидрометеорологических характеристик над экваторией Северной Атлантики и прилегающей территории суши [7, 8].

Построение суждений о распределении энергии процессов взаимодействий атмосферы и океана в пространстве на основе использования неоднородностей в распределениях значений одного параметра является некорректным. Так, например, повышенная температура поверхности океана не может быть единственным влияющим фактором, определяющим большие значения потоков тепла направленных в атмосферу. В этом случае необходимо брать во внимание разность температур воздух-вода и степень насыщения влагой воздушной массы поступающей на океанскую поверхность. Таким образом, можно сделать вывод о необходимости использования совокупности основных характеристик процессов взаимодействия атмосферы и океана (а в случае исследования состояния атмосферы на высотах, например, ещё и циркуляционные условия), представленных в виде некоторых параметров, значения которых характеризуют уровень энергетической активности указанных процессов (для атмосферы энергетическое состояние воздуха). Параметризация процессов взаимодействия (энергетического состояния воздуха) в районе поверхности 700 гПа над Северной Атлантикой в начале холодного времени года (в ноябре), определение их статисти-

ческих характеристик и является целью данной работы.

В предлагаемом исследовании задача решается с помощью методов многомерного статистического анализа и носит вид теоретического эксперимента, базирующегося на данных реанализа. Полученные результаты явились составной частью исходной выборки для построения физико-статистической модели дальних связей в системе атмосфера-подстилающая поверхность.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В предыдущих публикациях [9, 10] показано, что процессы взаимодействия подстилающей поверхности (океана) и атмосферы, так же как и процессы взаимодействия в атмосфере, приводящие к различному энергетическому состоянию на высотах, можно параметризовать с помощью методов многомерного статистического анализа, в частности компонентного анализа [11, 12]. При этом в роли параметров, определяющих интенсивность взаимодействия двух сред, выступают главные компоненты [9, 10]. Здесь же показано, что каждую главную компоненту можно представить в виде линейной комбинации исходных факторов с соответствующими весовыми коэффициентами (нагрузками). В качестве нагрузок выступают координаты собственных векторов. К такому утверждению можно прийти только при устранении размерности и приведению к одному порядку исходных факторов, что осуществляется с помощью процедуры нормирования (в данном случае на норму). Величина нагрузки определяет значимость фактора в формировании главной компоненты и, соответственно, в указанных выше процессах взаимодействия (обменом теплом, влагой, импульсом).

Значимость исходного фактора также определяется вкладом соответствующей главной компоненты в общую дисперсию процессов определяющих энергетическое состояние воздуха на высотах. Уровень такого энергетического состояния воздуха определяется соответствующими значениями главной компоненты.

Исходная выборка для проведения исследования формировалась на основе данных реанализа массива ERA-40 [13] заданных в точках регулярной сетки $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ в период 1957-2001 гг. за ноябрь, над Северной Атлантикой (30° – 90° с.ш. и 70° з.д.– 20° в.д.), а именно: среднемесячные значения температуры воздуха (T_{700} , К), геопотенциала (Φ^* , m^2/c^2), массовой доли водяного пара (S , кг/кг), зональной составляющая скорости ветра (u , м/с), относи-

тельного вихря скорости (Ω_z , c^{-1}) на поверхности 700 гПа.

В узлах сетки представленной территории были сформированы векторы из пяти значений исходных гидрометеорологических величин взятые в определённый момент времени. Это дало возможность получить с помощью компонентного анализа матрицы корреляций для указанных точек сетки и решить полную проблему собственных значений, а именно рассчитать собственные значения и собственные векторы, которые в свою очередь, являются ортогональным базисом многомерного евклидова пространства [12].

Каждая совокупность векторов выбранных нормированных исходных характеристик, отражающих процессы тепло- и влагообмена, в узлах сетки для поверхности 700 гПа была разложена в соответствующем ортогональном базисе [12]. Результатами этой операции явились главные компоненты, которые являются независимыми параметрами, определяющими энергетическое состояние атмосферы на высотах (в данном случае на поверхности 700 гПа).

В алгоритме компонентного анализа [11, 12] процедура нормирования исходных объектов даёт возможность рассматривать значения собственных векторов в качестве коэффициентов, определяющих значимость каждой из пяти указанных исходных гидрометеорологических величин в соответствующей главной компоненте. В дальнейшем будем называть значения собственных векторов весовыми коэффициентами или весовыми нагрузками. Указанные весовые коэффициенты могут принимать как отрицательные, так и положительные значения. Главные компоненты, которые отражают процессы формирующие тепло- и влагосодержание на высотах в атмосфере, тоже могут иметь как отрицательные, так и положительные значения, зависящие от знака координат собственных векторов и значений исходных параметров.

Вклад каждой из выделенных главных компонент в энергетическое состояние атмосферного воздуха зависит не только от знака (положительного или отрицательного) и величины их значений, но также от знака и величины значений собственных векторов, соответствующих им. Составленная таким образом линейная комбинация позволяет получить отфильтрованные значения исходных характеристик. В данном подходе при анализе временной изменчивости процессов взаимодействия необходимо учитывать как вклад в дисперсию процессов, так зна-

Таблица 1 – Суммарная дисперсия первых трёх главных компонент, полученных по всей совокупности значений, в репрезентативных узлах кластеров, расположенных в Северной Атлантике (поверхность 700 гПа)

Месяц	Для компонент, соответствующих					
	максимальным значениям дисперсий			минимальным значениям дисперсий		
	1 gk	2 gk	3 gk	1 gk	2 gk	3 gk
	приповерхностный слой					
ноябрь	93,3	92,8	88,4	90,6	89,6	91,3

чения и знаки главных компонент, имеющих смысл параметров.

Компонентный анализ, применённый к полям метеорологических характеристик в районе исследования, определил, что собственные значения первых трёх собственных векторов охватывают более 80% общей дисперсии взаимодействия процессов тепло- и влагообмена. (табл. 1).

С целью сокращения исходной информации и получения однородных районов, в которых показатели состояния энергии воздуха на высотах обладают существенным подобием, к главным компонентам, был применён алгоритм кластерного анализа УИМКД (Универсальный итерационный метод кластеризации данных) [14].

3. ОПИСАНИЕ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

В большинстве случаев, согласно представленным схемам кластеризации, первая главная компонента, объясняющая максимальный вклад в общую дисперсию, даже при одинаковом количестве полученных однородных районов, имеет меньшие дробления на локальные очаги: кластеры, в большинстве случаев, имеют вид цельных районов больших размеров. Одновременно, в соответствии с выдвинутой гипотезой о возможном проявлении новых зон повышенного энергетического состояния атмосферы на высотах при подготовке исходной выборки факторов, необходимо несколько изменить общепринятые подходы. Например, определение этих зон по экстремальным значениям отдельных параметров: температур поверхности и приповерхностного слоя воздуха, их разности, а также давления насыщенного водяного пара [1, 2, 3].

К тому же утверждение о проявлении энергетических зон повышенной интенсивности только в полях первой главной компоненты, имеющей максимальное собственное значение, а значит и наибольший вклад в дисперсию процессов взаимодействия, было бы некорректным. При анализе необходимо учитывать и следующие аспекты. Во-первых, в ситуации, когда значительные

весовые нагрузки присутствуют при большинстве исходных характеристиках, участвующих в расчётах значений главной компоненты, можно говорить о повышенном энергетическом состоянии воздуха и усилении бароклинности в данном однородном регионе. Во-вторых, при расчётах значений компонент, согласно методики компонентного анализа, при совпадении знака координаты собственного вектора (весового коэффициента) и значения гидрометеорологической характеристики имеет место их увеличение, и наоборот, уменьшение при несовпадении.

Принимая во внимание инерционность океана, процессы, протекающие в приводном слое, можно утверждать, что ноябрь является календарной серединой осеннего периода.

Первая главная компонента. Как показали проведённые исследования распределение значений первой главной компоненты характеристик энергетического состояния атмосферы на поверхности 700 гПа над территорией Северной Атлантики в холодный период отличается разнообразием от месяца к месяцу. В поле первой главной компоненты (рис. 1) наблюдается обширная однородная зона, занимающая около двух третей пространства над акваторией Северной Атлантики и примыкающими участками суши (рис. 1 - кластер А). Только на севере имеет место вытянутый кластер – над большей частью территории Гренландии, южной частью моря Баффина и Гренландским морем (Норвежско-Гренландская ЭАО, часть а) (рис. 1 – кластер В).

Второй очаг этого кластера располагается над севером Норвежского моря (Норвежско-Гренландская ЭАО, часть б). Кластеру А (рис. 1) соответствует минимальная межгодовая дисперсия репрезентативного вектора первой главной компоненты и минимальное положительное среднее значение, а кластеру В (рис.1) – значительная дисперсия и максимальное положительное среднее значение (табл. 2).

Основной вклад в формирование значений

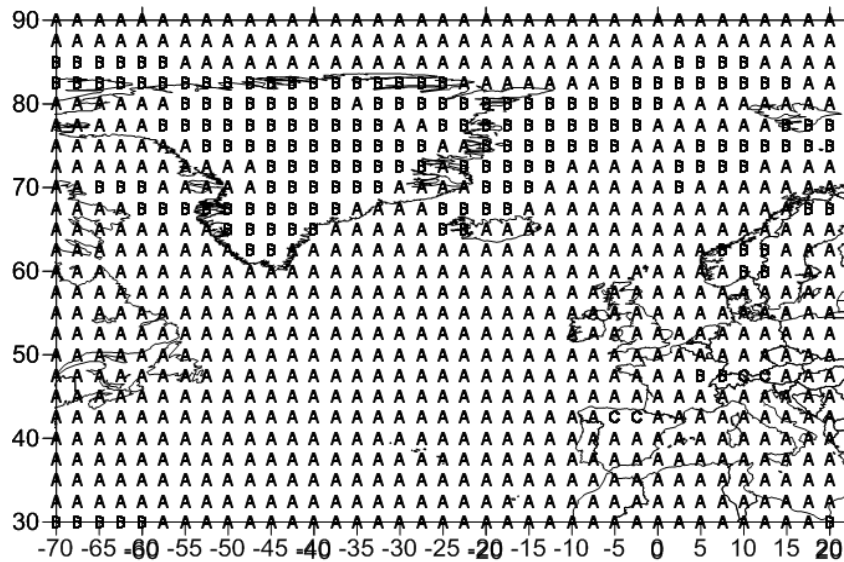


Рис. 1 – Распределение однородных зон 1-ой главной компоненты энергетического состояния воздуха на поверхности 700 гПа над Северной Атлантикой, (ноябрь), период 1957 - 2002 гг.

Таблица 2 – Межгодовые дисперсии и средние значения главных компонент энергетического состояния воздуха на поверхности 700 гПа в репрезентативных узлах кластеров, расположенных над районом Северной Атлантики (первая компонента)

Обозначение кластеров	А	В	С
Средние значения ($\cdot 10^{-2}$)	18,5	26,4	-5,1
Внутрикластерные дисперсии ($\cdot 10^{-4}$)	1,53	6,02	12,17

репрезентативных векторов главной компоненты однородных зон А и В (рис. 1) вносят значения температуры воздуха, массовой доли водяного пара и геопотенциала (значения положительные). Весовые нагрузки при них имеют положительный знак (табл. 3). Несколько меньшую значимость имеют зональная составляющая скорости ветра (в кластере А – весовая нагрузка отрицательная, в кластере В – положительная, значения характеристики – положительные) и относительный вихрь скорости (в обоих кластерах весовые нагрузки отрицательные (табл.3), значение характеристики в центральной части Гренландии отрицательное, на остальной территории – незначительное положительное).

Такое распределение нагрузок, максимальное положительное среднее значение и большая межгодовая изменчивость первой главной компоненты в кластере В свидетельствует о повышенной энергетической активности атмосферы на поверхности 700 гПа в этом районе.

Кластеры второй главной компоненты энергетического состояния воздуха на поверхности 700 гПа представляют собой очаговую структуру (рис. 2). Количество однородных зон и их очагов увеличивается на протяжении зимнего периода. Кластер В (рис. 2), которому соответствует максимальное положительное среднее значение репрезентативного вектора главной компоненты

(табл. 2), в ноябре занимает больше половины пространства над рассматриваемой территорией. Следующий по размерам кластер А (рис. 2) с минимальным значением второй главной компоненты представлен следующими очагами: первый – над полуостровом Лабрадор, о. Ньюфаундленд, над холодным Лабрадорским течением; второй – над центральной Гренландией, над акваторией Северного Ледовитого океана, примыкающей к северному побережью Гренландии, над западной частью Гренландского моря. В однородной зоне В (рис. 2) повышенное энергетическое состояние атмосферы на поверхности 700 гПа определяется только циркуляционными характеристиками, а именно относительным вихрем скорости (весовая нагрузка 0,78) и зональной составляющей скорости ветра (0,47) (табл. 3).

В последующие месяцы кластер В (рис. 2) трансформируется. Так в декабре, например, он разбивается на два кластера, имеющие максимальные положительные средние значения репрезентативных векторов и межгодовые дисперсии.

Таблица 3 – Значения собственных векторов и собственные числа (вклад в дисперсию) параметров энергетического состояния атмосферы в репрезентативных узлах кластеров на поверхности 700 гПа, расположенных над районом Северной Атлантики, (ноябрь)

Координаты собственных векторов									
1-й собственный вектор			2-й собственный вектор			3-й собственный вектор			
Литера кластера									
A	B	C	A	B	C	A	B	C	D
0,54	0,49	-0,59	-0,09	0,22	-0,57	-0,14	0,29	0,23	-0,24
0,45	0,52	0,11	-0,18	0,26	-0,68	-0,22	0,25	-0,04	-0,85
0,51	0,49	-0,64	-0,15	0,22	-0,21	-0,04	0,06	0,04	-0,34
-0,39	0,36	0,19	-0,65	0,78	-0,27	0,93	0,22	-0,09	-0,14
-0,30	-0,34	0,43	0,72	0,47	0,31	-0,26	0,90	0,97	0,29
Собственные значения/вклад в общую дисперсию									
Литера кластера									
A	B	C	A	B	C	A	B	C	D
2,49	3,06	2,09	1,28	1,03	1,51	0,92	0,64	0,98	0,56
49,75	61,17	41,71	25,58	20,56	30,24	18,44	12,88	19,69	11,25

Примечание: в представленной таблице, в части «Значения собственных векторов», в первой строке указаны весовые коэффициенты, соответствующие температуре воздуха, во второй – к массовой доле водяного пара, в третьей – к геопотенциалу, в четвёртой – к зональной составляющей скорости ветра, в пятой – к относительному вихрю скорости (например, 0,54; 0,45; 0,51; -0,39; -0,30).

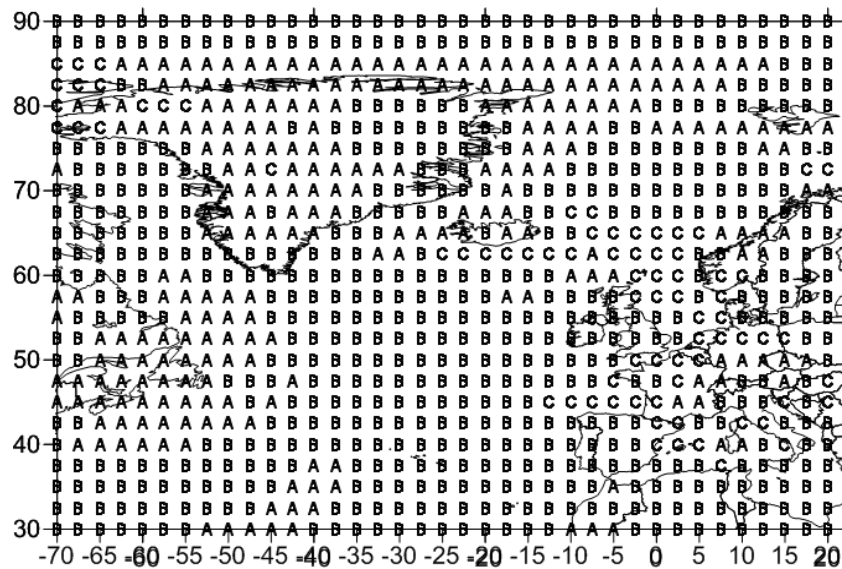


Рис. 2 – Распределение однородных зон 2-ой главной компоненты энергетического состояния воздуха на поверхности 700 гПа над Северной Атлантикой, (ноябрь), период 1957 - 2002 гг.

В ноябре присутствует ещё один кластер С (рис. 2) с большим по величине, но отрицательным по знаку значением второй главной компоненты (табл. 4). Учитывая, что в ней весовые на-

грузки на характеристики являются отрицательными, а именно, на влажность (-0,68) и температуру воздуха (-0,57), есть основание утверждать, что в этой зоне состояние атмосферы определя-

ют процессы большой интенсивности. Во взаимном расположении кластеров с максимальными по величине значениями второй главной компоненты сохраняется такая же тенденция – зоны с противоположными знаками компоненты граничат между собой. Очаги кластера С (рис. 2) занимают на поверхности 700 гПа пространство над центральной и северо-западной Гренландией, над акваторией Северной Атлантики в районе Исландии, Норвежского полуострова и Британских островов.

При кластеризации третьей главной компоненты энергетического состояния атмосферы на поверхности 700 гПа наблюдается обратная картина. Количество кластеров и очаговость на протяжении рассматриваемого холодного периода убывает. Место расположения кластеров с максимальными по величине значениями репрезентативных векторов смещается в западную часть Северной Атлантики (рис. 3).

В ноябре такие кластеры представлены зонами В и D (рис. 3). Зона В имеет сложную конфигурацию. Она занимает пространство над западной Гренландией, морем Лабрадор, далее на восток от южной оконечности Гренландии через Исландию и Норвежский полуостров, и на юг над полуостровом Лабрадор, над Ньюфаунд-

лендской ЭАО к центральной части океанского северного субтропического антициклонического кругооборота. На севере Гренландского моря и над островом Шпицберген присутствуют еще два очага кластера В. Основная нагрузка в третьей компоненте в зоне В (рис. 3) приходится на относительный вихрь скорости (0,93) (табл.3). Положительное значение репрезентативного вектора и распределение нагрузок в кластере В (рис. 3) свидетельствует об усилении циклонического вихря процессами, описываемыми третьей компонентой. В зоне D (рис. 3), очаги которой рассредоточены над центральной частью акватории Северной Атлантики, значение главной компоненты имеет отрицательный знак (табл. 5) и, в основном (за исключением нагрузки на относительный вихрь), отрицательные весовые коэффициенты при исходных характеристиках. Самый большой по величине из коэффициентов относится к массовой доле водяного пара (-0,85) (табл.3). Согласно методике представленного анализа такое соотношение знаков и величин свидетельствует о существенном вкладе третьей компоненты в формирование полей влажности в однородной зоне D.

Таблица 4 – Межгодовые дисперсии и средние значения главных компонент энергетического состояния воздуха на поверхности 700 гПа в репрезентативных узлах кластеров, расположенных над районом Северной Атлантики (вторая компонента)

Обозначение кластеров	А	В	С
Средние значения (*10 ⁻²)	-0,3	14,6	-18,2
Внутрикластерные дисперсии (*10 ⁻⁴)	6,84	3,68	7,08

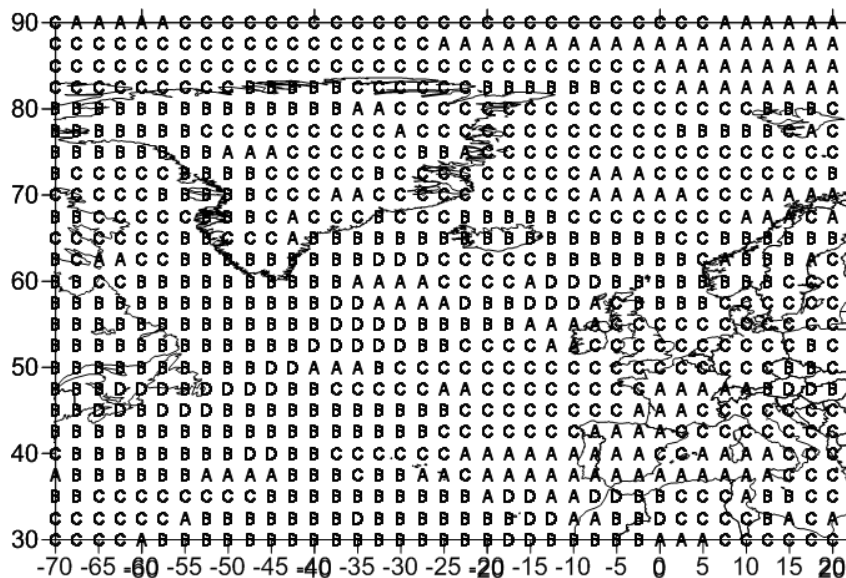


Рис. 3 – Пространственное распределение однородных зон 3-ей главной компоненты энергетического состояния воздуха на поверхности 700 гПа над Северной Атлантикой, (ноябрь), период 1957 - 2002 гг.

Таблица 5 – Межгодовые дисперсии и средние значения главных компонент энергетического состояния воздуха на поверхности 700 гПа в репрезентативных узлах кластеров, расположенных над районом Северной Атлантики (третья главная компонента)

Обозначение кластеров	A	B	C	D
Средние значения (*10 ⁻²)	-5,1	14,5	1,9	-16,2
Внутрикластерные дисперсии (*10 ⁻⁴)	19,94	2,95	2,91	6,55

4. ВЫВОДЫ

Данное исследование показало, что процессы, определяющие энергетическое состояние атмосферы на поверхности 700 гПа, также можно параметризовать с помощью методов многомерного статистического анализа. Один из подобных алгоритмов применён в предложенном исследовании. При данном подходе главные компоненты, отражающие ортогональные процессы, имеют отличия не только в средних значениях и вкладах в дисперсию, но и в весовых коэффициентах при исходных характеристиках. Координаты собственного вектора, соответствующего первой компоненте, во всех однородных регионах по своим значениям являются значимыми (наибольшими) для температуры воздуха, массовой доли водяного пара и геопотенциала (за исключением малоразмерной зоны С (над севером Пиренейского полуострова), в которой процессы влагообмена не вносят весомый вклад в формирование первой главной компоненты). Во второй компоненте такое распределение нагрузок характерно в зонах А и В для циркуляционных, а в зоне С – для температурно-влажностных характеристик. В третьей компоненте весовые коэффициенты при рассматриваемых характеристиках не имеют однозначного распределения. Тоже имеет место и в их знаках.

Распределение первой главной компоненты соответствует полям высотного и приземного давления, а третьей компоненты – распределению ветра в проводном слое в холодное время года [1]. Данный факт подтверждается значениями весовых коэффициентов при исходных параметрах воздуха. В отличие от первой, распределение второй и третьей компонент имеет очаговый характер, более связанный с региональными особенностями. Полученные результаты являются физически обоснованными. Аналогичные исследования, проведённые для остальных месяцев холодного периода, позволили определить выборки на входе в имитационную математическую модель для установления влияния районов Северной Атлантики с однородными условиями формирования тепло-, влаго- и энергетического состояния в свободной атмосфере, а также циркуляционных характеристик на региональные климаты Восточно-Европейского сектора.

куляционных характеристик на региональные климаты Восточно-Европейского сектора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власова Г. А., Полякова А. М. Активная энергетическая зона океана и атмосферы северо-западной части Тихого океана. Владивосток : Дальнаука, 2004. 146 с.
2. Лаппо С. С., Гулев С. К., Рождественский А. Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Ленинград : Гидрометеиздат, 1990. 335 с.
3. Энергоактивные зоны: концептуальные основы. Серия: Атмосфера, океан, космос — программа «Разрезы» Марчук Г. И., Кондратьев К. Я., Козодеров В. В. и др. Москва : ВИНТИ, 1989. Т. II. Ч. II. 368 с.
4. Исследование поведения океана и атмосферы в зонах деятельности циклонов с помощью спутниковых СВЧ-радиометрических и наземных средств / Гранков А. Г., Маречек С. В., Мильшин А. А. и др. *Журнал радиоэлектроники*. 2013. №1. С. 1-47.
5. Регулярности и аномалии теплового взаимодействия океана и атмосферы в течении Гольфстрим по данным многолетних спутниковых СВЧ-радиометрических измерений / Гранков А. Г., Мильшин А. А., Шелобанова Н. К. и др. *Проблемы окружающей среды и природных ресурсов*. 2017. №2. С. 13-22.
6. Взаимосвязанные климатические аномалии в Тихом океане и дальневосточных морях / В. И. Пономарев, Е. В. Дмитриева, С. П. Шкорба и др. *Океанологические исследования дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана*: в 2 кн. Владивосток : Дальнаука. 2013. Т. 1. С. 13-36.
7. Серга Э. Н. Особенности распределения однородных зон в полях гидрометеорологических характеристик Североатлантического региона в холодный период года. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2016. Вип. 20. С.40-51.
8. Серга Э. Н., Сущенко А. И. Климатическое районирование полей среднемесячных температур подстилающей поверхности и воздуха в северной части Атлантического океана в зимний период. *Austrian Journal of Humanities and Social Sciences*. 2014. № 9–10. С. 180–186.
9. Серга Э. Н., Серга И. Н. Зоны интенсивных взаимодействий в приповерхностном слое атмосферы в Северной Атлантике. Ноябрь. *Вісник Одеського держ. екологічного університету*. 2017. Вип. 22. С. 32-43.
10. Серга Э. Н. Зоны интенсивных взаимодействий над Северной Атлантикой: поверхность 850 гПа, ноябрь. *Вісник ОНУ. Серія: Географічні та геологічні науки*. 2017. Т. 22. Вип. 1(30). С. 38-51.
11. Кулаичев А. П. Методы и средства комплексного анализа данных. Москва : ИНФРА-М, 2006. 512 с.
12. Школьний С. П., Лоева І. Д., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підруч. Київ : Міністерство України, 1999. 578 с.
13. Служба данных ECMWF ERA-40. URL:

<http://www.ecmwf.int/products/data> (дата обращения 10.11.2015).

14. Серга Э. Н. Универсальный итерационный метод кластеризации данных. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2013. № 12. С. 112-123.

REFERENCES

1. Vlasova, G.A. & Polyakova, A. M. (2004). *Aktivnaya energeticheskaya zona okeana i atmosfery severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana [The active energy zone of the ocean and the atmosphere of the northwestern part of the Pacific Ocean]*. Vladivostok: Dal'nauka. (in Russ.)
2. Lappo, S.S., Gulev, S.K. & Rozhdestvenskiy, A.E. (1990). *Krupnomasshtabnoe teplovoe vzaimodeystvie v sisteme okean-atmosfera i energoaktivnye oblasti Mirovogo okeana [Large-scale heat interaction in the ocean-atmosphere system and energy active areas of the World Ocean]*. Leningrad: Gidrometeoizdat. (in Russ.)
3. Marchuk, G.I., Kondrat'ev, K.Ya., Kozoderov, V.V. et al. (1989). *Energoaktivnye zony: kontseptual'nye osnovy. Seriya: Atmosfera, okean, kosmos — programma «Razrezy» [Energy-intensive zones: conceptual foundations. Series: Atmosphere, ocean, space - the program "Cuts"]*. Moscow: VINITI, vol. II, ch. II. (in Russ.)
4. Grankov, A.G., Marechek, S.V., Milshin, A.A. et al. (2013). Issledovanie povedeniya okeana i atmosfery v zonakh deyatelnosti tsiklonov s pomoshchyu sputnikovykh SVCh-radiometricheskikh i nazemnykh sredstv [Research of the behavior of the ocean and the atmosphere in the zones of cyclone activity with the help of Satellite microwave-radiometric and ground-based means]. *Zhurnal radioelektroniki [Journal of Radioelectronics]*, 1, pp. 1-47. (in Russ.)
5. Grankov, A.G., Milshin, A. A., Shelobanava, N. K. et al. (2017). Regulyarnosti i anomalii teplovogo vzaimodeystviya okeana i atmosfery v techenii Golfstrim po dannym mnogoletnikh sputnikovykh SVCh-radiometricheskikh izmereniy. [Regularities and anomalies of the thermal interaction of the ocean and the atmosphere during the Gulf Stream from the data of long-range satellite microwave radiometric measurements]. *Problemy okruzhayushchei sredy i prirodnykh resursov [Problems of the environment and natural resources]*, 2, pp. 13-22. (in Russ.)
6. Ponomarev, V.I., Dmitrieva, Ye.V., Shkorba, S.P. et al. (2013). Vzaimosvyazannyye klimaticheskie anomalii v Tikhom okeane i dalnevostochnykh moryakh [Interrelated climatic anomalies in the Pacific Ocean and the Far Eastern seas]. *Okeanologicheskie issledovaniya dalnevostochnykh morey i severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana: v 2 kn. [Oceanological research of the Far Eastern Seas and the northwestern part of the Pacific Ocean: in 2 books]*. Vladivostok: Far Eastern Science, vol. 1, pp. 13-36. (in Russ.)
7. Serga, E.N. (2016). [Characteristic features of homogeneous areas in the fields of hydrometeorological characteristics in the Northern Atlantic during the cold season]. *Visnik Odes'kogo derzavnogo ekolohichnogo universitetu [Bulletin of Odessa state environmental university]*, 20, pp.40-51. (in Russ.)
8. Serga, E.N., & Sushchenko, A.I. (2014). [Climatic zoning of fields of average monthly temperatures of the underlying surface and air in the northern part of the Atlantic Ocean in the winter period]. *Austrian Journal of Humanities and Social Sciences*, 9–10, pp. 180–186. (in Russ.)
9. Serga, E.N. & Serga, I. N. (2017). [Zones of intensive interactions within the near-surface layer of the atmosphere in North Atlantic. November]. *Visnik Odes'kogo derzavnogo ekolohichnogo universitetu [Bulletin of Odessa state environmental university]*, 22, pp. 32-43. (in Russ.)
10. Serga, E.N. (2017). [Zones of intensive interactions over the North Atlantic: 850 mb geopotential height, november]. *Visn. Odes. nats. univ. geograf. ta geoloh. nauki. [Bulletin of the ONU]*, 22(1(30)), pp. 38-51. (in Russ.)
11. Kulaichev, A.P. (2006) *Metody i sredstva kompleksnogo analiza dannykh [Methods and means for complex data analysis]*. Moscow: INFRA-M. (in Russ.)
12. Shkolnyi E.P., Loeva I.D. & Goncharova L.D. (1999). *Obrobka ta analiz hidrometeorolohichnoi informatsii [Processing and analysis of the hydrometeorological data]*. Kyiv. (in Ukr.)
13. *Sluzhba dannykh ECMWF ERA-40 [Data Service ESMWF ERA-40]*. Available at: <http://www.ecmwf.int/products/data> (Accessed: 10.11.2015).
14. Serga, E.N. (2013). [The universal iterative method of clusterization of data]. *Український гідрометеорологічний журнал [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 12, pp. 112-123. (in Russ.)

ZONES OF INTENSIVE INTERACTIONS OVER THE NORTH ATLANTIC, 700 hPa LEVEL, NOVEMBER

E. N. Serga, I. N. Serga

Odessa State Environmental University, 15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine
Serga_ed@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-6470-8540>

The methods of cluster and component analysis were applied to the existing factors that are associated with the characteristics of heat and moisture exchange at 700 hPa level before their inclusion in the model of regional climates imitation, in order to detect zones of active interaction in the atmosphere over the North Atlantic and determine the regions hosting the processes that cause a significant impact on formation of features of climatic responsive regimes in the Eastern Europe.

Each node of a $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ grid covering the North Atlantic has the first three main components identified and they describe more than 80 % of the total dispersion of the interaction processes at 700 hPa level.

Using the Universal Iterative Method of data clustering the study defines the homogeneous regions in the fields of main components of vectors of state of meteorological characteristics at

700 hPa level over the North Atlantic. It also specifies a physical and statistical analysis of the obtained clustering schemes which has a good scientific substantiation and shows that the clusters of the first main component are of a large-scale type, and the second and third components have a focal character. At 700 hPa level clusters differ in the intensity of interaction processes. The intensity of processes is characterized by distribution and magnitude of weight loads, average values of representative vectors and intra-cluster dispersion. We determined that the first main component makes the basic contribution to the formation of the majority of initial meteorological values, and the third main component reflects the influence of local features on interaction processes. These facts are confirmed by the manner in which loads over the studied region are distributed on the initial characteristics of atmospheric processes. Intra-cluster dispersion reflects the degree of diversity of these processes by region. The study identifies correspondence of the high-altitude homogeneous zones of the main components to the near-surface cyclic energy-active ocean zones.

Keywords: atmosphere, air temperature, velocity vortex, the North Atlantic, 700 hPa level, representative vector, cluster, weight load, main component.

ЗОНИ ІНТЕНСИВНИХ ВЗАЄМОДІЙ НАД ПІВНІЧНОЮ АТЛАНТИКОЮ, ПОВЕРХНЯ 700 ГПА, ЛИСТОПАД

Е. М. Серга, І. М. Серга

Одеський державний екологічний університет, вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна
Serga_ed@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-6470-8540>

Для виявлення зон активних взаємодій в атмосфері над Північною Атлантикою і визначення регіонів, процеси у яких істотно впливають на формування особливостей кліматичних режимів відгуків в районі Східної Європи, до діючих чинників, що представляють характеристики тепло- і вологообміну на поверхні 700 гПа, перед включенням їх в модель імітації регіональних кліматів були застосовані методи кластерного і компонентного аналізу.

У кожному вузлі градусної сітки $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ території Північної Атлантики виділені три перші головні компоненти, які описують більш ніж 80% загальної дисперсії процесів взаємодій на поверхні 700 гПа.

У полях головних компонент векторів станів метеорологічних характеристик на рівні 700 гПа над Північною Атлантикою, за допомогою Універсального ітераційного методу кластеризації даних визначені однорідні регіони. Наведено фізичний і статистичний аналіз отриманих схем кластеризації, який має наукове обґрунтування. Показано, що кластери першого головного компонента є великомасштабними, а другого і третього компонентів – осередкового характеру. Кластери відрізняються інтенсивністю процесів взаємодій на рівні 700 гПа. Інтенсивність процесів характеризується розподілом і величиною вагових навантажень, середніми значеннями репрезентативних векторів і внутрішньокластерною дисперсією. Визначено, що перша головна компонента вносить основний вклад у формування більшості вихідних метеорологічних величин, а третя головна компонента відбиває вплив на процеси взаємодії особливостей локального характеру. Дані факти знаходять підтвердження в розподілі навантажень на вихідні характеристики атмосферних процесів над досліджуваним регіоном. Внутрішньокластерна дисперсія відображає ступінь різноманітності зазначених процесів по регіонах. Виявлено відповідність висотних однорідних зон головних компонент приповерхневим циклічним енергоактивним зонам океану.

Ключові слова: атмосфера, температура повітря, вихор швидкості, Північна Атлантика, поверхня 700 гПа, репрезентативний вектор, кластер, вагове навантаження, головний компонент.

Подання до редакції: 09. 01. 2019
Надходження остаточної версії: 04. 04. 2019
Публікація статті: 30. 05. 2019