

УДК 551.58

**Э. Н. Серга**, канд. геогр. наук, доцент  
Одесский государственный экологический университет,  
ул. Львовская 15, Одесса, 65016, Украина  
Serga\_ed@ukr.net

## **ЗОНЫ ИНТЕНСИВНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НАД СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКОЙ: ПОВЕРХНОСТЬ 850 ГПА, НОЯБРЬ**

Предлагаются схемы районирования полей главных компонент векторов состояний метеорологических характеристик над Северной Атлантикой, выполненного с помощью Универсального итерационного метода кластеризации данных. Приведен физический и статистический анализ полученных схем кластеризации, имеющий хорошее научное обоснование. Показано, что кластеры первой главной компоненты имеют крупномасштабный, а второй и третьей компонент – очаговый характер. Кластеры отличаются интенсивностью процессов взаимодействий в слое воздуха на поверхности 850 гПа.

**Ключевые слова:** атмосфера, температура воздуха, вихрь скорости, Северная Атлантика, поверхность 850 гПа, репрезентативный вектор, кластер, весовая нагрузка, главная компонента.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Исследование различных проявлений средних температур, потоков тепла, влажностных и ветровых характеристик позволяет определить климатические изменения, как в отдельных районах, так и по всему земному шару. Так, в докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) [13] особое внимание уделяется температуре воздуха, как фактора изменения глобального климата. Здесь же говорится о потеплении вод мирового океана, как доминирующего фактора в процессах преобразования энергии климатической системы. Естественно, что это потепление в результате турбулентного тепло и массообмена, приводит к изменению свойств приземного слоя атмосферы над океаном, в том числе и температуры воздуха.

Зоны, характеризующиеся наиболее интенсивными потоками тепла и влаги, относятся к энергоактивным и для уровня подстилающей поверхности достаточно хорошо описаны, например, в [2, 6, 7]. Для поверхностей свободной атмосферы такие данные имеют только общий характер, связанный с энергетикой атмосферных процессов на климатических масштабах. Для анализа характеристик крупномасштабного теплового и динамического взаимодействия океана и атмосферы в зонах деятельности среднеширотных циклонов в виде вертикальных турбулентных потоков явного, скрытого тепла и импульса на границе раздела воды и воздуха на синоптических, сезонных и многолетних масштабах исследуются возможности спутниковых СВЧ-радиометрических методов

[3, 4]. 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 [9].

Поверхность 850 гПа относится к нижней тропосфере. Формирование гидрометеорологических характеристик на этом уровне обусловлено процессами взаимодействия подстилающей поверхности с приземным слоем воздуха и, в тоже время, процессами в средней тропосфере. Подобные процессы различных масштабов и разной интенсивности приводят к возникновению неоднородностей в полях гидрометеорологических характеристик над акваторией Северной Атлантики и прилегающей территории суши, так же как и в приповерхностном слое воздуха [10, 11].

Энергетическое состояние атмосферы и океана определяется в основном термодинамическими процессами внутри этих сред. В то же время, в приповерхностном слое океана и в нижней тропосфере оно во многом зависит и от процессов взаимодействия между ними. Известно, что любой термодинамический процесс характеризуется термодинамическими параметрами (параметрами состояния). В большинстве случаев в этой роли выступают температура, плотность, давление и массовая концентрация термодинамически активной примеси (например, в морской воде – соль, в атмосфере – водяной пар).

Общепринятое использование одного физического параметра обособленно от других, в качестве такого, который характеризует и выявляет неоднородности в пространственном распределении энергии атмосферы и океана (энергетически активные зоны океана), является алогичным. Например, относительно высокая температура водной поверхности не всегда является фактором значительных потоков скрытого тепла из океана в атмосферу. Подобные потоки во многом определяются разностями температур вода-воздух и насыщенностью влагой воздуха, поступающего на открытую водную поверхность. Таким образом, правильно было бы рассматривать комплексы основных гидрометеорологических характеристик (а в случае исследования состояния атмосферы на высотах, например, ещё и циркуляционные условия), представленных в виде некоторых параметров. Экстремальные значения рассчитанных параметров, в свою очередь, могут характеризовать повышенную или пониженную энергетическую активность в различных районах земного шара на различных высотах. Определение параметров процессов взаимодействия (энергетического состояния воздуха) в районе поверхности 850 гПа над Северной Атлантикой в холодный период года, в частности в ноябре, их статистических характеристик и является целью данной работы.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Процессы взаимодействий в атмосфере, приводящие к различному энергетическому состоянию воздуха на высотах, параметризуются с помощью ком-

понентного анализа [5]. При этом в роли параметров, определяющих интенсивность взаимодействий, выступают главные компоненты.

В свою очередь, каждая из выделенных главных компонент представляет собой линейную комбинацию исходных факторов с соответствующими весовыми коэффициентами (нагрузками). В качестве нагрузок выступают координаты собственных векторов.

Исходные факторы, как правило, имеют разную размерность и порядок. Для устранения размерности и приведения их к одному порядку к ним необходимо применить процедуру нормирования. Данное математическое действие позволяет в дальнейшем принять утверждение, что соответствующая фактору нагрузка определяет значимость его в формировании главной компоненты, и соответственно, значимость в процессе взаимодействий в атмосфере. Значимость исходного фактора также определяется вкладом соответствующей главной компоненты в общую дисперсию процессов. Интенсивность взаимодействий на высотах в атмосфере определяется величиной соответствующих значений главной компоненты и её изменчивостью.

В данном исследовании для формирования совокупности факторов на поверхности 850 гПа в качестве исходных характеристик были взяты данные массива ERA-40 [12], заданные в узлах регулярной сетки точек  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$  за ноябрь месяц 1957-2001 гг., над Северной Атлантикой ( $30^\circ - 90^\circ$ с.ш. и  $70^\circ$ з.д. -  $20^\circ$ в.д.), а именно: среднемесячные значения температуры воздуха ( $T_{850}$ , К), геопотенциала ( $\Phi^*$ ,  $\text{м}^2/\text{с}^2$ ), массовой доли водяного пара ( $S$ , кг/кг), зональной составляющей скорости ветра ( $u$ , м/с) и относительного вихря скорости ( $\Omega_z$ ,  $\text{с}^{-1}$ ).

На основании этих данных в каждом узле сетки указанной территории были получены векторы, состоящие из пяти значений исходных метеорологических величин в определённый момент времени. Это дало возможность рассчитать в каждом узле поля средние значения и матрицы корреляций, а также решить уравнения полной проблемы собственных значений, т. е. получить собственные значения и, соответствующие им собственные векторы, являющиеся ортогональным базисом  $W$   $n$ -мерного евклидова пространства [5].

Исходные гидрометеорологические характеристики в первоначальном виде имели разные размерности и различный порядок величины. Поэтому к ним была применена процедура нормирования на собственную норму, что позволило устранить вышеуказанные несоответствия.

Каждая совокупность векторов выбранных нормированных исходных характеристик в узлах сетки определённых выше частей территорий Северной Атлантики для указанной поверхностности была разложена в соответствующем ортогональном базисе. Результатами этой операции явились главные компоненты, которые являются независимыми параметрами, определяющими параметры состояния атмосферы на высотах. Каждая главная компонента, в свою очередь, представляет собой линейную комбинацию пяти исходных характеристик, отражающих тепло-, влагосодержание и циркуляционные свойства воздуха на поверхности 850 гПа.

Использование компонентного анализа в конкретном узле не дает возможность построить поля собственных векторов, что несколько усложняет анализ полученных результатов. Подобная процедура часто применяется для пространственной визуализации основных процессов, определяемых главными компонентами, при рассмотрении в качестве исходной только одной характеристики (например, давления, температуры). Однако, согласно алгоритму компонентного анализа, применяемая процедура нормирования исходных объектов даёт возможность дополнительно рассматривать значения собственных векторов в качестве коэффициентов, определяющих значимость каждой из пяти исходных гидрометеорологических величин (циркуляционных характеристик) в соответствующей главной компоненте. В дальнейшем будем называть значения (координаты) собственных векторов весовыми коэффициентами или весовыми нагрузками.

Рассматриваемые весовые коэффициенты могут принимать как отрицательные, так и положительные значения, и, несмотря на нормирование исходных характеристик, не представляют вклад последних в компоненту в виде доли, соизмеримой с единицей. Главные компоненты, которые выражают проекции векторов исходных величин, являясь ортогональными составляющими энергетического состояния атмосферы на высотах, тоже могут иметь как отрицательные, так и положительные значения, которые зависят от знака координат собственных векторов и значений исходных характеристик.

Вклад первых компонент в энергетическое состояние атмосферы на высотах (представленный восстановленными отфильтрованными значениями векторов исходных характеристик) может быть как положительный, так и отрицательный и зависит также от знака соответствующих значений собственных векторов. Именно такое соотношение знаков и значений, помимо вклада в общую дисперсию, определяет временную изменчивость состояния атмосферы, параметрами которого являются главные компоненты.

Кроме того применение компонентного анализа к пространственным полям отдельно взятого метеорологического параметра (давления, температуры) потенциально должно выявить особенности основных процессов, масштабы которых определяются порядковым номером и значением соответствующего собственного числа (вкладом в общую дисперсию). В совокупности эти процессы и формируют поля представленной исходной величины. В исследовании, подобного рода, такое предположение отсутствует. Рассматриваемые объекты могут иметь разные по тесноте корреляционные связи, что может привести к различному числу выделяемых главных компонент с незначительно различающимися собственными числами.

Необходимо отметить, что использование только одного компонентного анализа, в качестве метода для подготовки исходного вектора-фактора на входе в модель, не является рациональным. Большое количество полученных главных компонент вызовет серьезные трудности при отборе, особенно, при анали-

зе влияющих факторов, и вероятность допущения ошибки. К тому же это может привести к неоправданному увеличению вычислительных мощностей необходимых для модели. Поэтому с целью сокращения исходной выборки и получения однородных районов, в которых параметры энергетического состояния атмосферы на высотах обладают большой степенью схожести, к главным компонентам был применён алгоритм кластерного анализа УИМКД (Универсальный итерационный метод кластеризации данных) [9].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение компонентного анализа к исходным метеорологическим характеристикам и циркуляционным параметрам в районе Северной Атлантики показало, что первые три собственных значения исчерпывают более 80% суммарной дисперсии общего процесса взаимодействия рассматриваемых объектов (табл.1).

Таблица 1

**Суммарная дисперсия первых трёх главных компонент, полученных по всей совокупности значений, в репрезентативных узлах кластеров, расположенных на поверхности 850 гПа над Северной Атлантикой**

Для компонент, соответствующих					
максимальным значениям дисперсий			минимальным значениям дисперсий		
1gk	2 gk	3 gk	1 gk	2 gk	3 gk
91,3	91,2	82,8	87,9	95,5	88,4

Распределение однородных районов первой главной компоненты на поверхности 850 гПа над территорией Северной Атлантики показывает наличие трёх однородных районов с положительными средними значениями репрезентативных векторов (табл. 2).

Таблица 2

**Межгодовые внутрикластерные дисперсии и средние значения главных компонент энергетического состояния атмосферы в репрезентативных узлах кластеров, расположенных на поверхности 850 гПа над Северной Атлантикой (первая главная компонента)**

Обозначение кластеров	А	В	С
Средние значения (*10 <sup>-2</sup> )	17,9	25,1	0,8
Внутрикластерные дисперсии (*10 <sup>-4</sup> )	2,64	5,47	2,06

Эти районы имеют как различие, так и сходство в значениях и в знаках весовых коэффициентов при исходных характеристиках. Учитывая это, а также то, что значения температуры воздуха, массовой доли водяного пара и геопотен-

циала имеют только положительный знак, а относительный вихрь скорости и зональная составляющая скорости ветра меняют знак с положительного на отрицательный в зависимости от географического расположения кластера, проведём анализ первых трёх главных компонент.

Наибольший кластер А первой главной компоненты, представленный на рис. 1, характеризуется отрицательными весовыми нагрузками на зональную составляющую скорости ветра и относительный вихрь скорости (табл. 3), которые, в свою очередь, в районе расположения этого кластера имеют в среднем положительные значения.

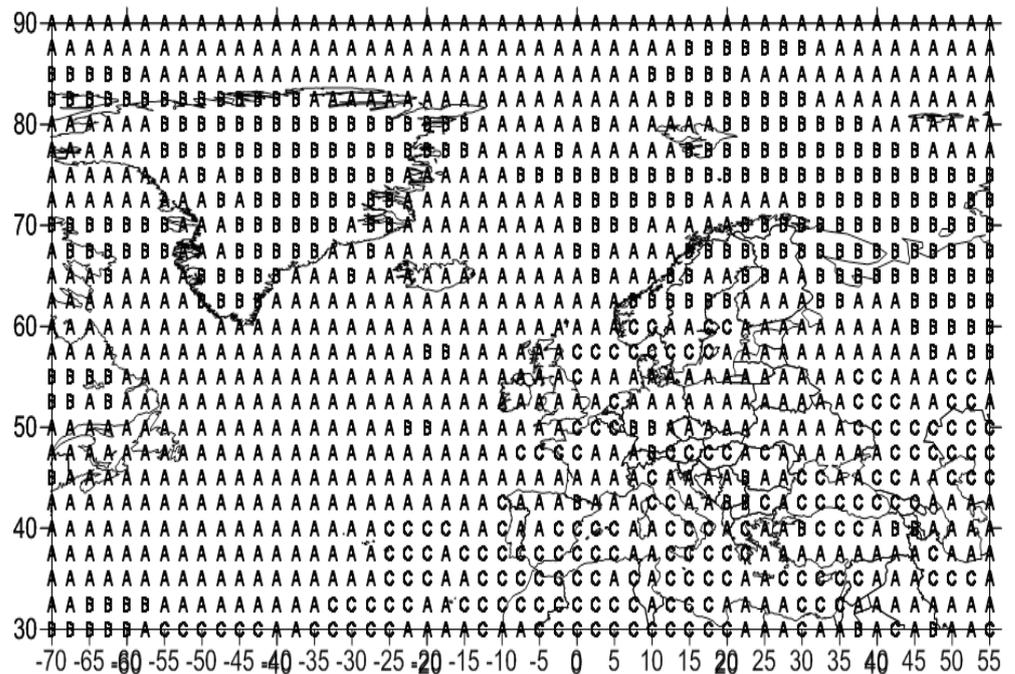


Рис.1 . Пространственное распределение кластеров 1-ой главной компоненты энергетического состояния атмосферы на поверхности 850 гПа над Северной Атлантикой

Только выше 80° с.ш. скорость ветра меняет знак. Эти нагрузки по абсолютной величине несколько ниже нагрузок на другие характеристики, что отражает меньшую степень влияния на них первой компоненты. К тому же подобное распределение знаков нагрузок и средних значений (табл.2, 3) при обратном преобразовании указывает на понижающую роль первой главной компоненты в формировании относительного вихря и зональной составляющей скорости ветра. Иначе, процессы, описываемые первой главной компонентой, способствуют развитию антициклогенеза и восточному направлению ветра на поверхности 850 гПа.

Таблица 3

**Координаты собственных векторов и собственные значения  
(вклад в общую дисперсию) параметров энергетического состояния  
атмосферы в репрезентативных узлах кластеров, расположенных  
на поверхности 850 гПа над Северной Атлантикой**

Координаты собственных векторов										
1-й собственный вектор			2-й собственный вектор				3-й собственный вектор			
Литера кластера										
A	B	C	A	B	C	D	A	B	C	D
0,51	0,54	-0,28	0,38	-0,11	0,37	0,03	0,24	-0,22	0,09	-0,44
A	B	C	A	B	C	D	A	B	C	D
0,43	0,53	0,41	0,57	-0,11	0,20	-0,13	0,34	-0,27	-0,01	-0,58
0,49	0,48	-0,59	-0,35	-0,61	0,25	0,34	-0,63	-0,06	0,51	0,01
-0,43	0,29	0,41	0,22	-0,36	-0,41	-0,25	0,48	0,89	0,77	-0,52
-0,36	-0,34	0,49	0,60	0,69	0,77	0,90	0,44	-0,29	0,37	0,46
Собственные значения/вклад в общую дисперсию										
Литера кластера										
A	B	C	A	B	C	D	A	B	C	D
2,6	2,6	2,6	1,3	1,0	0,9	1,1	0,9	0,8	0,7	0,85
52,3	51,4	51,9	26,8	20,9	18,8	21,8	17,0	16,6	14,0	17,05

Кластер В (рис. 1) имеет несколько очагов. Самые крупномасштабные располагаются: над Гренландией; над северной частью Норвежского моря через о. Шпицберген и далее к Северному Полюсу; над морем Баффина; над полуостровом Лабрадор. Этому кластеру соответствует максимальная дисперсия, максимальное значение среднего вектора и положительные нагрузки на исходные характеристики (кроме зональной составляющей скорости ветра). Межгодовая дисперсия первой главной компоненты в этом кластере в основном обеспечивается изменчивостью температурно-влажностного режима.

Кластер С имеет 2-х очаговую структуру в юго-восточной части Северной Атлантики и располагается таким образом: первый очаг – над системой Португальское-Канарское холодных течений и далее над Западной Европой, второй – над Северным морем – югом Скандинавского полуострова. Необходимо отметить, что, несмотря на незначительную дисперсию и незначительное среднее значение репрезентативного вектора, этот кластер вызывает определенный интерес. Процессы, соответствующие этой однородной зоне, вносят разный по знаку вклад в формирование исходных характеристик (согласно величине среднеквадратического отклонения).

Кластеризация полей второй главной компоненты параметров состояния атмосферы на поверхности 850 гПа отличается от кластеризации третьей компоненты увеличенным количеством локальных очагов одноимённых однородных зон (рис. 2). В кластере С (рис. 2) среднее значение репрезентативного вектора второй компоненты имеет максимальную положительную величину (табл. 4).

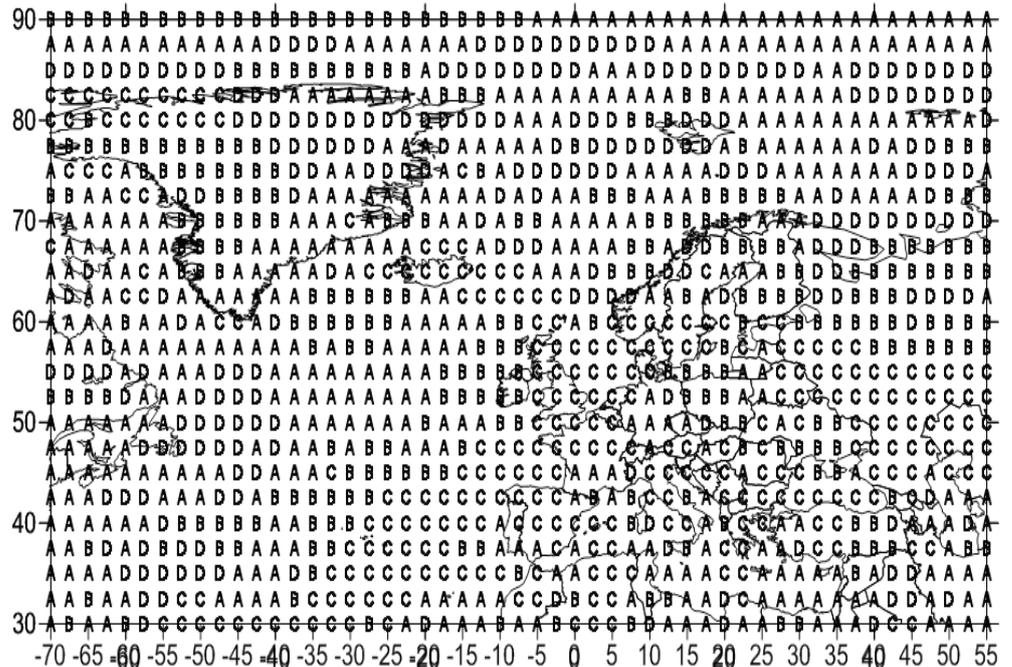


Рис. 2. Пространственное распределение кластеров 2-ой компоненты энергетического состояния атмосферы на поверхности 850 гПа над Северной Атлантикой

Таблица 4

**Межгодовые внутрикластерные дисперсии и средние значения главных компонент энергетического состояния атмосферы в репрезентативных узлах кластеров, расположенных на поверхности 850 гПа над Северной Атлантикой (вторая главная компонента)**

Обозначение кластеров	A	B	C	D
Средние значения (*10 <sup>-2</sup> )	6,3	-12,8	21,4	-2
Внутрикластерные дисперсии (*10 <sup>-4</sup> )	4,38	4,98	2,26	8,65

Наибольшее значение координаты собственного вектора с положительным знаком (0,77) здесь соответствует относительному вихрю скорости. Следующее по модулю значение координаты собственного вектора приходится на зональную составляющую скорости ветра, но уже с отрицательным знаком

(табл. 3). Положительный знак среднего значения этой характеристики (западное направление ветра) в этой однородной зоне свидетельствует о понижающей роли её в формировании значения второй главной компоненты. Небольшие очаги кластера С (рис. 2) располагаются над северо-западной частью Гренландии, над северо-востоком моря Баффина, над проливом Дейвиса. Основная часть этой однородной зоны (кластер С, рис. 2) представляет собой меридионально ориентированной области на поверхности 850 гПа протяжённостью от о. Исландия, через Северное море и о. Великобритания – вдоль холодных Португальского и Канарского течений на юг.

Интерес представляет также кластер В (рис. 2), значение репрезентативного вектора в котором имеет отрицательный знак (знак весовых коэффициентов при четырёх из пяти исходных характеристик является отрицательным) и вторую по модулю величину. Основная нагрузка во второй главной компоненте здесь приходится также на относительный вихрь (знак положительный) и геопотенциал (знак отрицательный). Располагается кластер В следующим образом: над западной половиной Гренландии (зона образования циклонических вихрей); над зоной соприкосновения Восточно-Гренландского и западной ветви Североатлантического (течения Ирмингера) течений (над Норвежско-Гренландской ЭАО, зона а); над акваторией океана, примыкающей к западным берегам Скандинавского полуострова (над Норвежско-Гренландской ЭАО, зона б). Основная часть однородной зоны В граничит с наибольшим очагом кластера С с западной стороны.

Однородной зоне D (рис. 2) соответствует максимальная дисперсия второй главной компоненты. Её значения в основном определяются изменчивостью относительного вихря скорости (преобладающий антициклональный вихрь) и в меньшей степени – деформацией поля геопотенциала. Указанная зона имеет очаги над Ньюфаундлендской ЭАО, над акваториями Гренландского и Норвежского морей, над зоной соприкосновения западной части теплого Североатлантического течения и холодного Лабрадорского, а также над северо-восточной частью Гренландии. Отличительной особенностью данной зоны (при среднем значении (-2) и среднеквадратической ошибке (2,94)) является наличие смены знака относительного вихря скорости, геопотенциала и зональной составляющей скорости ветра на протяжении рассматриваемого 45-ти летнего периода.

Последний из представленных кластеров второй компоненты (рис. 2) – это кластер А. При наибольших весовых коэффициентах при массовой доле водяного пара и относительном вихре скорости, репрезентативный вектор в нем имеет небольшую дисперсию и среднее значение. Это свидетельствует о стабильности процессов, описываемых второй главной компонентой в этой зоне в межгодовом периоде.

Репрезентативный вектор третьей главной компоненты, отражающий повышенное энергетическое состояние атмосферы на поверхности 850 гПа, соответствует кластеру С (рис. 3). Указанная однородная зона находится над цен-

тральной и западной частями акватории Северной Атлантики, включая Ньюфаундлендскую ЭАО (район схождения теплых и холодных вод Североатлантического и Лабрадорского течений), Лабрадорское море и море Баффина. При этом кластер С (рис. 3) является самым большим из рассматриваемых кластеров и охватывает ещё дополнительно область над островом Великобритания, Северным морем и южной частью Норвежского моря. Значения репрезентативного вектора третьей главной компоненты в этой однородной зоне зависят от величин зональной составляющей скорости ветра (западный ветер), геопотенциала (повышенные значения), относительного вихря скорости (циклональный вихрь) и не зависят от температурно-влажностных характеристик (табл. 2, 5).

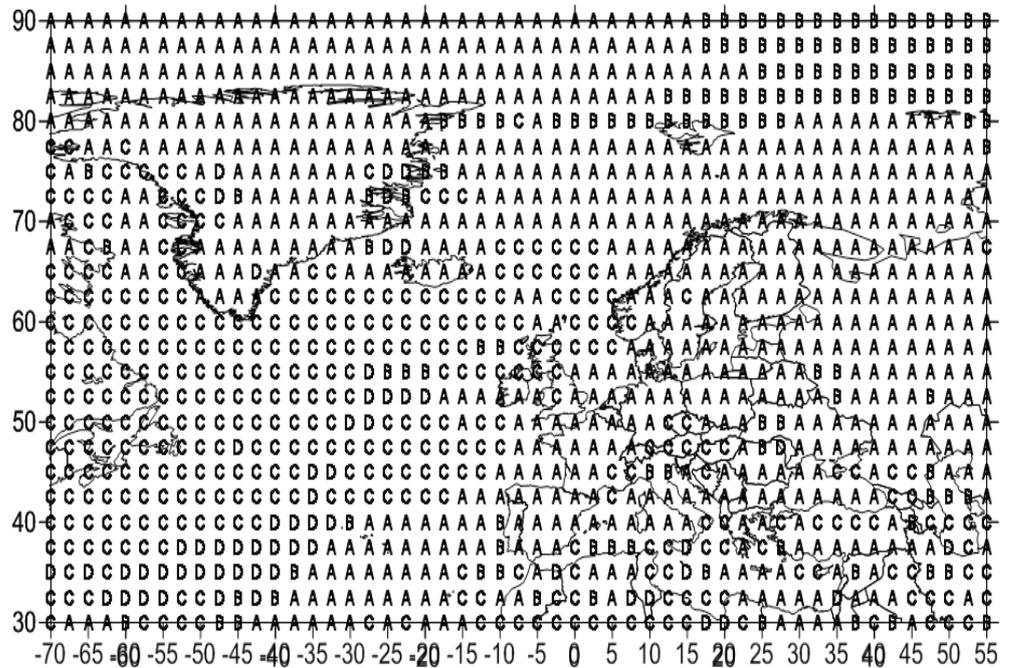


Рис. 3. Пространственное распределение кластеров 3-ей главной компоненты энергетического состояния атмосферы на поверхности 850 гПа над Северной Атлантикой

Репрезентативный вектор однородной зоны D (рис. 3) характеризуется наибольшим по величине отрицательным значением третьей компоненты (табл. 5) и второй по величине дисперсией. Эту однородную зону так же можно отнести к разряду зон с повышенной энергетической активностью атмосферы. При этом в кластере D (рис. 3) имеют место существенные отрицательные нагрузки на массовую долю водяного пара (-0,58), зональную составляющую скорости ветра (-0,52) и температуру воздуха (-0,44)) (табл. 2).

Таблица 5

**Межгодовые внутрикластерные дисперсии и средние значения главных компонент энергетического состояния атмосферы в репрезентативных узлах кластеров, расположенных на поверхности 850 гПа над Северной Атлантикой (третья главная компонента)**

Обозначение кластеров	А	В	С	Д
Средние значения (*10 <sup>-2</sup> )	-0,3	-11	17,9	-18,5
Внутрикластерные дисперсии (*10 <sup>-4</sup> )	4,73	40,72	7,76	19,13

Соотношение знаков здесь свидетельствует о положительном вкладе третьей компоненты в формирование значений перечисленных характеристик. К тому же они имеют тесную обратную связь с отрицательным относительным вихрем скорости (антициклональная циркуляция). Территориально кластер Д (рис.3) граничит с кластером С (рис. 3) и образует два очага над восточной частью системы Гольфстрим – Североатлантическое течение.

Максимальная дисперсия третьей компоненты соответствует однородной зоне В (рис. 3). Эта зона отличается разнообразием процессов, приводящих к существенной изменчивости ветрового режима восточных направлений. В векторе состояний указанная изменчивость связана с вариациями температурно-влажностного режима и относительного вихря скорости. На рисунке 3 кластер В представлен мелкомасштабными очагами в различных частях Северной Атлантики. Самым крупномасштабным из них является очаг, расположенный над северной границей Гренландского моря протяжённостью от восточной оконечности о. Гренландия до о. Шпицберген.

В поле третьей компоненты имеет место кластер А (рис. 3). Аналогично кластеру Д (рис. 2) второй компоненты, при среднем значении компоненты (-0,3) и дисперсии (4,73) (табл. 5), в нём так же имеют место смены знаков вкладов в формирование исходных характеристик, составляющих векторы состояний, при обратном преобразовании. Кластер А (рис. 3) является вторым по величине и имеет крупномасштабные очаги над северной и юго-восточной частями исследуемой территории Северной Атлантики, включая Норвежско-Гренландскую ЭАО.

## ВЫВОДЫ

Проведенное исследование показало, что процессы взаимодействий на поверхности 850 гПа можно параметризовать с помощью методов многомерного статистического анализа в соответствии с представленным алгоритмом. При этом компоненты, характеризующие разные процессы, различаются не только средними значениями и дисперсиями, но весовыми нагрузками на исходные характеристики. Координаты собственного вектора, соответствующего первой компоненте, во всех однородных регионах по своим значениям являются значимыми (наибольшими) для массовой доли водяного пара и геопотенциала,

второй компоненте – для относительного вихря скорости, третьей – зональной составляющей скорости ветра. Весовые коэффициенты при остальных характеристиках не имеют однозначного распределения. То же относится и к знакам при них.

Кластеризация первой компоненты хорошо согласуется со среднестатистическим полем высотного и приземного давления, а третьей компоненты – с ветровым режимом у поверхности океана в холодный период года [1], что, в свою очередь, полностью соответствует величинам весовых нагрузок при исходных характеристиках. В отличие от первой и третьей, распределение второй компоненты имеет очаговый характер, более связанный с региональными особенностями. Полученные результаты являются физически обоснованными. На основании подобных исследований для остальных месяцев холодного периода будут составлены исходные выборки для имитационной физико-статистической модели с целью определения степени влияния однородных регионов Северной Атлантики на региональные климаты Восточно-Европейского сектора.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны [Текст] / Под ред. С. Г. Горшкова. – Ленинград: Изд. ГУНИО, 1977. – 345 с.
2. *Власова Г. А.* Энергоактивная зона океана и атмосферы в северо-западной Пацифике [Текст] / Г. А. Власова, А. М. Полякова // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. – 2013. – № 163. – С. 128-140.
3. *Гранков А. Г.* Исследование поведения океана и атмосферы в зонах деятельности циклонов с помощью спутниковых СВЧ-радиометрических и наземных средств [Текст] / А. Г. Гранков, С. В. Маречек, А. А. Мильшин, Е. П. Новичихин, Н. К. Шелобанова // Журнал радиоэлектроники. – 2013. – №1. – С.1-47.
4. *Гранков А. Г.* Регулярности и аномалии теплового взаимодействия океана и атмосферы в течении Гольфстрим по данным многолетних спутниковых СВЧ-радиометрических измерений [Текст] / А. Г. Гранков, А. А. Мильшин, Н. К. Шелобанова, Е. А. Ямпольская // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2017. – №2. С.13-22.
5. *Кулаичев А.П.* Методы и средства комплексного анализа данных [Текст] / А. П. Кулаичев. – Москва: ИНФРА-М, 2006. – 276 с.
6. *Лаппо С. С.* Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области Мирового океана [Текст] / С. С. Лаппо, С. К. Гулев, А. Е. Рождественский. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1990. – 335 с.
7. *Марчук Г. И.* Энергоактивные зоны: концептуальные основы. Серия: Атмосфера, океан, космос – программа «Разрезы» [Текст] / К.Я. Кондратьев, В.В. Козодеров, С.С. Лаппо, А.С. Саркисян, В. И. Хворостьянов. – Москва: ВИНТИ, 1989. Т. II. Ч. II. – 368 с.
8. *Пономарев В. И.* Взаимосвязанные климатические аномалии в Тихом океане и дальневосточных морях [Текст] / В. И. Пономарев, Е. В. Дмитриева, С. П. Шкорба, Н. И. Савельева / Океанологические исследования дальневосточных морей и северо – западной части Тихого океана: в 2 кн. – Владивосток: Дальнаука. – 2013. – Т. 1. – С. 13-36.
9. *Серга Э. Н.* Универсальный итерационный метод кластеризации данных [Текст] / Э. Н. Серга // Український гідрометеорологічний журнал. – 2013. – №12. – С. 112-123.
10. *Серга Э. Н.* Особенности распределения однородных зон в полях гидрометеорологических характеристик Североатлантического региона в холодный период года [Текст] / Э. Н. Серга // Вісник Одеського держ. екологічного ун-ту. – 2016. – №.20. – Режим доступа: <http://bulletin.odetu.edu.ua/uk/category/2016-uk/20-uk/>.
11. *Серга Э. Н.* Климатическое районирование полей среднемесячных температур подстилающей поверхности и воздуха в северной части Атлантического океана в зимний период [Текст] / Э. Н. Серга, А. И. Сущенко // Austrian Journal of Humanities and Social Sciences. – 2014. – №9-10. – С. 180-186.

12. Служба даних ECMWF ERA-40 URL: – Режим доступа: <http://www.ecmwf.int/products/data> (дата обращения: 12.03.2014).
13. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [www.climatechange2013.org /report/](http://www.climatechange2013.org/report/) [Accessed 5 November 2015].

## REFERENCES

1. Atlas of the Oceans. Atlantic and Indian Oceans (1977), [Atlas okeanov. Atlanticheskij i Indijskij okeany], Leningrad: GANIO Publ., (Ed. Gorshkov, S.G. ), 300 p.
2. Vlasova, G, Polyakov, A (2013), «Energy-active zone of the ocean and atmosphere in the northwestern Pacific» [«Energooaktivnaya zona okeana i atmosfery v severo-zapadnoy Patsifike»], *Proceedings of the Herzen State Pedagogical University of Russia*, No. 163, pp. 128-140.
3. Grankov, A. G, Marechek, S. V., Milshin, A. A, Novichikhin, E. P, Shelobanova, N. K. (2013), «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» [«Issledovanie povedeniya okeana i atmosfery v zonakh deyatel'nosti tsiklonov s pomoshchyu sputnikovykh SVCh-radiometricheskikh i nazemnykh sredstv»], *Journal of Radioelectronics*, No.1, pp. 1-47.
4. Grankov, A. G., Milshin, A. A., Shelobanova, N. K., Yampolskaya, E. A (2017), «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» [«Regulyarnosti i anomalii teplovogo vzaimodeystviya okeana i atmosfery v techenii Golfstrim po dannym mnogoletnikh sputnikovykh SVCh-radiometricheskikh izmereni»], *Problems of the environment and natural resources*, No. 2, pp. 13-22.
5. Kulaichev, A.P. (2006), Methods and means for complex data analysis [Metody i sredstva kompleksnogo analiza dannykh], Moscow: INFRA-M, 276 p.
6. Lappo, S.S., Gulev, S.K., Rozhdestvenskiy, A.E. (1990), Large-scale heat interaction in the ocean-atmosphere system and energy active areas of the World Ocean [Krupnomasshtabnoe teplovoe vzaimodeystvie v sisteme empe-atmosfera i energooaktivnyye oblasti Mirovogo okeana], Leningrad: Gidrometeoizdat, 335 p.
7. Marchuk, G. I., Kondrat'ev, K. Ja., Kozoderov, V. V., Lappo, S. S., Sarkisjan, A. S., Hvorost'janov, V. I. (1989), Energy-intensive zones: conceptual foundations. Series: Atmosphere, ocean, space – the program «Cuts» [Energooaktivnyye zony: kontseptual'nye osnovy. Seriya: Atmosfera, empe, kosmos –programma «Razrezy»], Moscow: VINITI, T.II. Ch.II. 368 p.
8. Ponomarev, V. I., Dmitrieva, Ye. V., Shkorba, S. P., Savel'eva, N. I. (2013), «Interrelated climatic anomalies in the Pacific Ocean and the Far Eastern seas» [«Vzaimosvyazannye klimaticheskie anomalii v Tikhom okeane i dalnevostochnykh moryakh»], *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.
9. Serga, E. N. (2013), «Universal iterative method of data clusterization» [«Universalnyy iteratsionnyy metod klasterizatsii dannykh»], *Ukrainian hydrometeorological journal*, No. 12, pp. 112-123.
10. Serga, E. N. (2016), «Characteristic features of homogeneous areas in the fields of hydrometeorological characteristics in the Northern Atlantic during the cold season» [«Osobennosti raspredeleniya odnorodnykh zon v poljah gidrometeorologicheskikh harakteristik Severoatlanticheskogo regiona v holodnyj period goda»], *Bulletin of the OSEU*, No. 20, <http://bulletin.odetu.edu.ua/uk/category/2016-uk/20-uk/>.
11. 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» [«Klimaticheskoe rajonirovanie polej srednemesjachnykh emperature podstilajushhej poverhnosti i vozduha v severnoj chasti Atlanticheskogo okeana v zimnij period»], *Austrian Journal of Humanities and Social Sciences*, No. 9–10, pp. 180–186.
12. ECMWF Data Service ERA-40, available at: <http://www.ecmwf.int/products/data> [accessed 12 March 2014].
13. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, available at: [www.climatechange2013.org /report/](http://www.climatechange2013.org/report/) [Accessed 5 November 2015].

Надійшла 13. 10. 2017

**Е. М. Серга**, канд. геогр. наук, доцент  
Одеський державний екологічний університет,  
вул. Львівська 15, Одеса, 65016, Україна  
Serga\_ed@ukr.net

## **ЗОНИ ІНТЕНСИВНИХ ВЗАЄМОДІЙ НАД ПІВНІЧНОЮ АТЛАНТИКОЮ: ПОВЕРХНЯ 850 ГПА, ЛИСТОПАД**

### **Резюме**

Пропонуються схеми районування полів головних компонент векторів станів метеорологічних характеристик над Північною Атлантикою, виконаного за допомогою Універсального ітераційного методу кластеризації даних. Наведено фізичний і статистичний аналіз отриманих схем кластеризації, що має добре наукове обґрунтування. Показано, що кластери першої головної компоненти мають великомасштабний характер, а другий і третій компонент є осередково-го характеру. Кластери відрізняються інтенсивністю процесів взаємодій у шарі повітря на поверхні 850 гПа.

**Ключові слова:** атмосфера, температура повітря, вихор швидкості, Північна Атлантика, поверхня 850 гПа, репрезентативний вектор, кластер, вагове навантаження, головна компонента.

**E.N. Serga**  
Odessa State Environmental University,  
Lvivska str. 15, Odessa 65016, Ukraine  
Serga\_ed@ukr.net

## **ZONES OF INTENSIVE INTERACTIONS OVER THE NORTH ATLANTIC: 850 MB GEOPOTENTIAL HEIGHT, NOVEMBER**

### **Abstract**

**Problem Statement and Purpose.** Formation of hydrometeorological characteristics at 850 hPa level is governed with the processes of interaction of the underlying surface with the surface layer of air and, at the same time, processes in the middle troposphere. Such processes assume the presence of inhomogeneities in the distribution of state vectors of various hydrometeorological characteristics over the North Atlantic basin and the adjoining land area. Clusterization of the air condition parameters at 850 hPa level, the calculation of the statistical characteristics of the proper homogeneous zones is the goal of this work and, at the same time, part of a more general study related to the determination of regions of intense interaction between the processes that form the hydrometeorological characteristics of the atmosphere and the ocean over the North Atlantic, as analogues of energy-active zones.

**Data & Methods.** As a research object for investigation we used the fields of mean monthly air temperature, mass fraction of water vapor, geopotentials, velocity (relative), zonal component of wind, given at nodes of the regular grid of points  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  over the North Atlantic from 1957 to 2001.

For revealing zones of active interaction in the atmosphere over the North Atlantic and determining regions, which make a significant impact on formation of features of climatic conditions of response in the regions of Eastern Europe, methods of cluster and component analysis are applied to influencing factors being circulation characteristics and characteristics of heat and moisture exchange on the 850 mb geopotential height before including them in the model. In each node of a degree grid of  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$  over the North Atlantic, the first three main components are identified, which describe more than 80% of the total dispersion of the processes of interaction in the air layer on the surface 850 mb geopotential height.

**Results.** In the fields of the main components of the state vectors of meteorological characteristics over the North Atlantic, using the Universal iterative method of data clustering, homogeneous regions are defined. A physical and statistical analysis of the obtained clustering schemes is given, which has a good scientific justification. It is shown that the clusters of the first main component are of a scale-scale type, and the second and third components are of a focal character. Clusters are characterized by the intensity of the processes of interactions in the air layer on the surface 850 mb geopotential height. The intensity of the processes is characterized by the distribution and values of the weight, the mean values of the representative vectors and the intra-cluster dispersion. It is determined that the first main component makes the main contribution to the formation of the most of the initial meteorological values, and the third main component reflects the influence of local features on the interaction processes..

**Keywords:** atmosphere, air temperature, velocity vortex, North Atlantic, 850 mb geopotential height, representative vector, cluster, weight, main component.