

УДК 551.58

DOI: 10.18524/2303-9914.2018.2(33).146605

Э. Н. Серга, докт. геогр. наук, доцент**И. Н. Серга**, канд. физ.-мат. наук, доцент

Одесский государственный экологический университет,

ул. Львовская 15, Одесса, 65016, Украина

Serga_ed@ukr.net

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА НАД СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКОЙ: ПОВЕРХНОСТЬ 850 ГПА, ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД

Предлагаются схемы районирования полей температуры воздуха и массовой доли водяного пара на поверхности 850 гПа над Северной Атлантикой, выполненного с помощью Универсального итерационного метода кластеризации данных. Приведен физический и статистический анализ полученных схем кластеризации. Определены общие черты, и различия в распределениях полей значений температуры и массовой доли водяного пара.

Ключевые слова: репрезентативный вектор, температура воздуха, массовая доля водяного пара, кластер, критерий, внутрикластерная дисперсия, Северная Атлантика.

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к изучению природных процессов бесконечен. Известно, что такие процессы характеризуются рядом параметров, которые чаще всего представляются в виде временных рядов в определённых узлах пространственной сетки. Изменение климата, в том числе связанное с влиянием антропогенного фактора, находит отражение и в трансформации гидрометеорологических полей [2]. Определение наличия в них тех или иных закономерностей в явном и неявном виде, есть цель многих методов многомерного статистического анализа (факторного, кластерного, метода главных компонент, корреляционного и т.д.). В зависимости от поставленной цели исследования, вида данных, несколько методов могут использоваться в сочетании [например, 16]. Большей частью методы многомерного статистического анализа (факторный, кластерный и т.д.) позволяют сжать информацию, что дает возможность более качественно провести анализ формирования региональных структур климатических полей, а также использовать её при моделировании климатических ситуаций. Данное исследование в форме определения особенностей в полях климатических характеристик можно отнести к разряду прикладных, что, в свою очередь, позволяет рассматривать его как климатическое районирование. Подобное районирование не является единственным. Существует достаточное количество

классификаций климатов по определённому множеству критериев [4, 19, 23]. Однако в таких известных классификациях климата присутствует значительная доля субъективизма [2]. В настоящее время подходы к классификации более математизированные [2, 5, 7, 9, 20, 25]. Среди методов многомерного статистического анализа для обработки данных в климатических исследованиях наиболее часто используется кластерный анализ [2]. Так иерархический кластерный анализ использовался для прогноза облачности [2, 3, 13]. Метод k-means был успешно применён для пространственной декомпозиции метеорологических полей Северного полушария [2, 6].

Исследование различных проявлений средних температур, а так же потоков тепла, влажностных и ветровых характеристик позволяет определить климатические изменения, как в отдельных районах, так и по всему земному шару. Так, например, в докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) [21] 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 такое потепление в результате турбулентного тепло- и массообмена, приводит к изменению свойств приводного слоя атмосферы над океаном, включая его температурно-влажностные характеристики.

Зоны, характеризующиеся наиболее интенсивными потоками тепла и влаги, относятся к энергоактивным и для уровня подстилающей поверхности достаточно хорошо описаны [11]. Для поверхностей свободной атмосферы такие данные имеют только общий характер, связанный с энергетикой атмосферных процессов на климатических масштабах.

Поверхность 850 гПа является переходной в некотором смысле. С одной стороны формирование значений температурно-влажностных характеристик на этом уровне находится под влиянием процессов взаимодействия в приповерхностном слое воздуха (влаго-, тепло-, массообмен). С помощью турбулентных движений различных масштабов, а также упорядоченных вертикальных движений, воздушные частицы переносят влагу и тепло в более высокие слои атмосферы. С другой стороны, свой вклад вносят процессы в свободной атмосфере (например, лучистый теплообмен, отсутствие влияния на горизонтальные течения шероховатостей подстилающей поверхности). Пространственное разнообразие таких процессов предполагает наличие неоднородностей в полях различных гидрометеорологических характеристик над Северной Атлантикой.

Кластеризация среднемесячных полей температуры воздуха, массовой доли водяного пара на поверхности 850 гПа, расчет статистических характеристик соответствующих однородных зон является целью данной работы и, одновременно, частью более общего исследования, связанного с определением районов интенсивного взаимодействия между процессами, формирующими гидрометеорологические характеристики атмосферы и океана в Северной Атлантике, как аналогов энергоактивных зон.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Существует большое количество литературных источников, где подробно описаны различные методы проведения кластерного анализа [8; 10; 22; 24]. Однако идеального алгоритма не существует и потенциально не может существовать [12]. В разработанном автором Универсальном итерационном методе кластеризации данных (УИМКД) [14], в качестве исходной информации выступает матрица $X = (x_{ij})_{m \times n}$, содержащая m векторов-строк мерности n , характеризующая статистические ряды объёмом n в m пунктах, которые и должны быть кластеризованы. В качестве априорной информации, в отличие от других методов, задается только минимальное количество векторов (по умолчанию 2), которые могут составить кластер. Итерационный процесс в алгоритме УИМКД состоит из ряда шагов и включает для проверки однородности двух независимых выборок такие критерии как евклидово расстояние, критерий Фишера, критерий (статистика) Крамера-Уэлча и статистику типа критерия омега-квадрат (Лемана-Розеблатта). В качестве объекта для исследования методом кластеризации УИМКД были взяты поля среднемесячных температур воздуха и массовой доли водяного пара (данные ре-анализа ERA-40 [8]) на поверхности 850 гПа, заданные в узлах регулярной сетки точек $2,5^\circ 2,5^\circ$ в секторе, ограниченном по широте от 30° до 90° северной широты и по меридиану от 70° западной долготы до 20° восточной долготы, для осенне-зимних месяцев (ноябрь, декабрь, январь, февраль) периода с 1957 по 2002 гг. В это время в умеренных и северных широтах наиболее ярко проявляется интенсивное взаимодействие между атмосферой и океаном: океан отдает тепло, накопленное в теплые месяцы, что приводит, в частности, к интенсификации потоков скрытого и явного тепла. Средняя температура слоя между подстилающей поверхностью и высотными изобарическими поверхностями понижается, соответственно, понижается нижняя граница изобарических поверхностей, усиливается роль турбулентности в энергомассообмене нижних слоёв атмосферы. Это приводит к увеличению неоднородности в распределениях гидрометеорологических характеристик в нижней тропосфере. Таким образом, в каждом узле сетки для каждого из указанных месяцев были сформированы 45-ти мерные векторы значений температуры и массовой доли водяного пара. Множество этих векторов и было представлено алгоритму УИМКД для разбиения на однородные зоны.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенной кластеризации полей среднемесячных значений температуры воздуха и массовой доли водяного пара на уровне поверхности 850 гПа представлены на рис. 1–4. Буквенными обозначениями латиницы на указанных рисунках отображены определённые алгоритмом кластеры.

Основные статистические характеристики (средние значения и межгодовые внутрикластерные дисперсии), соответствующие репрезентативным векторам выделенных однородных районов, указаны в табл. 1, 2.

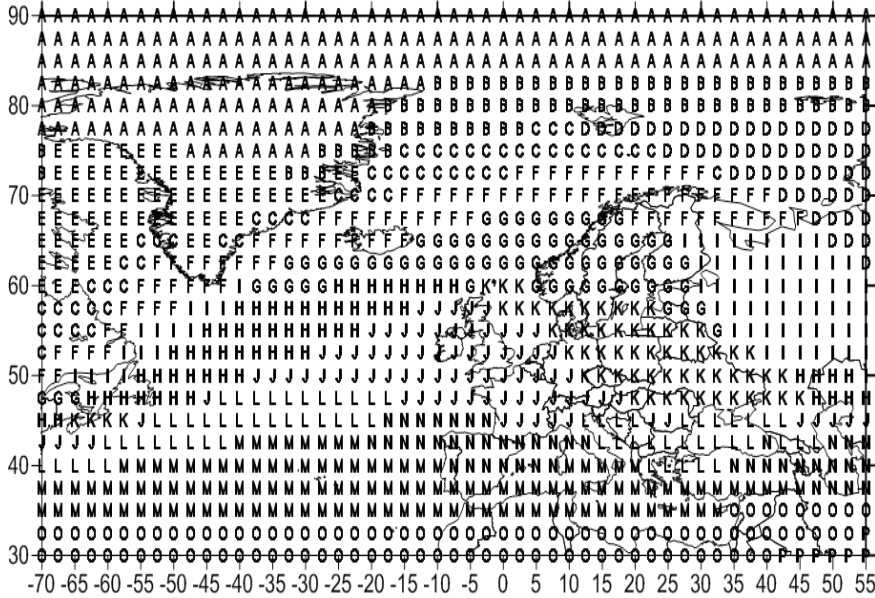


Рис. 1. Пространственное распределение кластеров среднемесячных значений температуры воздуха на поверхности 850 гПа в Северной Атлантике (ноябрь)

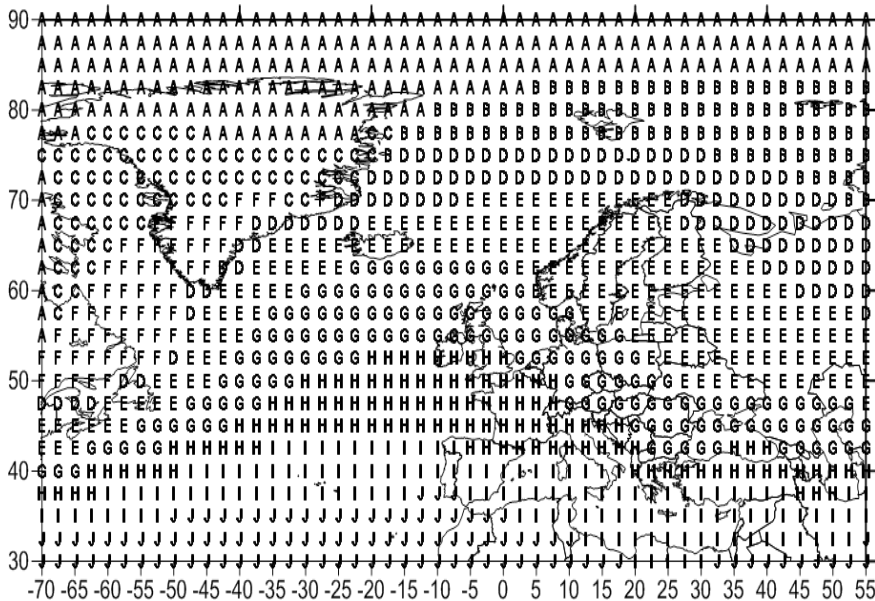


Рис. 2. Пространственное распределение кластеров среднемесячных значений температуры воздуха на поверхности 850 гПа в Северной Атлантике (февраль)

Таблица 1

Межгодовые внутрикластерные дисперсии (МВкД) (K^2) и средние значения (СЗ) (К) компонент репрезентативных векторов в кластерах температуры воздуха (К) на поверхности 850 гПа в Северной Атлантике (ноябрь, февраль)

№ п/п	Обозначение кластеров	МВкД		СЗ		№ п/п	Обозначение кластеров	МВкД		СЗ	
		ноябрь	февраль	ноябрь	февраль			ноябрь	февраль	ноябрь	февраль
1	A	3.6	4.7	253.0	249.8	9	I	3.0	0.9	266.8	276.8
2	B	5.8	5.3	256.2	254.6	10	J	0.8	0.7	274.1	280.4
3	C	2.1	9.4	261.5	252.4	11	K	2.6	-	271.9	-
4	D	6.4	2.0	260.6	260.1	12	L	1.1	-	276.5	-
5	E	4.2	1.1	258.2	264.6	13	M	0.3	-	280.6	-
6	F	1.2	9.2	265.0	256.9	14	N	1.4	-	278.2	-
7	G	1.6	0.8	268.5	269.1	15	-O	0.4	-	283.6	-
8	H	1.7	0.9	270.6	273.1	16	-	-	-	-	-

Общая структура полей температуры воздуха согласно рис. 1, 2 представлена многообразием однородных зон, имеющих наибольшую протяжённость (размеры) в зональном направлении.

При сопоставлении результатов, отображённых на рис. 1, 2 с кластеризацией температуры воздуха на высоте 2 м и температуры поверхности за такой же период, выполненной ранее [15], где в кластерах наблюдается нарушение целостности в протяжённости над сушей и над водой, на уровне 850 гПа, присутствуют одноименные однородные зоны, охватывающие пространство над обеими поверхностями (например, рис. 1 – кластеры E, G, M, рис. 2 – C, E, G, H, I).

Связано это, как уже указывалось выше, с влиянием на формирование температуры свободной атмосферы, а именно ослабление влияния относительно сильно турбулизированного пограничного слоя и преобладание перемешивания в горизонтальном направлении. С этими процессами, также может быть связан и факт уменьшения количества однородных зон с ноября по февраль (соответственно, 15, 14, 13, 10).

Интерес представляют температурные зоны рис. 1 – кластер E, C, рис. 2 – кластер C, F. Западные части их располагаются над территорией моря Баффина, которое зимой покрыто плавучими льдами, и моря Лабрадор, а восточные простираются над территорией центральной и южной Гренландии, где постоянно присутствует антициклональная циркуляция воздуха. Над этой областью Северной Атлантики в декабре-феврале наблюдается максимальная изменчи-

вость температуры воздуха (табл. 1), только в ноябре максимум дисперсии смещается в район Шпицбергена. Вполне вероятно это связано с усиливающимся в зимний период циклогенезом.

Так же, как и в распределении полей температур, у подстилающей поверхности, где линии конвергенции и дивергенции в зональной направленности кластеров несложно обнаружить [15] во все рассматриваемые месяцы на поверхности 850 гПа наблюдается сужение однородных зон (рис. 1 – кластеры I, H, K, J, рис. 2 – D, E, G, H) в районе Ньюфаундленской банки, а именно, увеличение меридионального градиента. Этот район, согласно исследованиям [11], является одной из известных энергоактивных зон Северной Атлантики, находящейся на стыке Лабрадорского холодного течения и северной границы струи Гольфстрима. Можно сделать вывод об интенсивном взаимодействии здесь нижележащих слоев воздуха и слоя на 850 гПа. Процесс взаимодействия обеспечивается значительными потоками тепла и влаги в атмосферу за счет поступающего холодного воздуха с материка на теплую океанскую поверхность.

Ещё одна энергоактивная зона – Норвежско-Гренландская (чаще её представляют двумя очагами: один у восточных берегов Гренландии, второй – у берегов Скандинавии [11]) не имеет особых проявлений в полях температуры рассматриваемой изобарической поверхности. На протяжении холодного периода здесь присутствуют четыре в ноябре–декабре (рис. 1 – кластеры B, C, F, G) и три в январе–феврале (рис. 2 – кластеры B, D, E) зонально-ориентированные однородные зоны, практически, не меняющие свою конфигурацию во времени. В ноябре в кластерах B и D (рис. 1) отмечается максимальная дисперсия. В данный переходный месяц на взаимодействие между слоями, вероятно, влияют дрейфующие льды, препятствующие потокам тепла. В дальнейшем, по мере наступления зимы, лед сковывает поверхность воды северной половины Гренландского моря и кластер D (рис.1) образует единое целое с более глобальным кластером B (рис.2), для которого значение межгодовой дисперсии температуры уменьшается.

На рис. 1, 2 так же хорошо прослеживается связь с основными теплыми течениями, например, Североатлантическим – Норвежским: его центральной частью и левой ветвью (течением Ирмингера) (рис. 1 – кластеры L, H, G, K, западная зона, рис. 2 – E, G) и правой ветвью (рис. 1 – кластеры L, J, N, восточная зона, рис. 2 – H, I). Тепло, которое переносят воды этого общего потока на северо-восток, является одним из факторов, обеспечивающим формирование средней температуры слоя от водной поверхности до высоты 1500 м, в холодное время. При этом, Португальскому и Канарскому, относительно холодным течениям, на поверхности 850 гПа нельзя явно сопоставить какой-либо из кластеров в полях температуры, за исключением кластера N (рис. 1), где значения рассматриваемой характеристики могут быть связаны с процессами взаимодействия атмосферы с этими водными потоками.

Согласно конфигурации и значениям температуры (табл. 1) объединённая

зона (рис. 1 – кластеры L, N, M, O, рис. 2 – кластеры I, J) больше соответствует океанскому субтропическому антициклональному круговороту (Азорскому антициклону в атмосфере, характеризующемуся слабой интенсивностью в зимний период), а кластеры J – рис. 1 и H – рис. 2, зоне положительной дивергенции, т. е. расхождения между антициклональным и циклональным круговоротами (субполярным и субтропическим), или же атмосферными центрами действия (Азорским максимумом и Исландским минимумом, последний наиболее интенсивный в зимний период). Распространение указанных кластеров над территорией суши связано со слабыми зональными градиентами температуры и преобладанием вклада горизонтального перемешивания воздуха на уровне 850 гПа над вертикальными турбулентными потоками, обеспечивающими поступление тепла от нижележащих слоев.

Распределение средних значений репрезентативных векторов соответствует широтному распределению поступающей солнечной радиации, то есть имеет место меридиональный градиент (значения в южных кластерах выше, чем в северных).

Граница перехода от положительных значений к отрицательным (нулевая изотерма) на протяжении всего периода не меняется и выражается в океанской части кластеров, располагающихся в пределах 37° – 55° широты (рис. 1 – кластеры J, L, рис. 2 – H), с юго-запада на северо-восток. В диапазоне этих широт также находится линия раздела между зонами действия Исландского минимума и Азорского максимума.

Как уже указывалось – максимальные межгодовые внутрикластерные дисперсии температуры относятся к кластерам, располагающимся над центральной Гренландией и над скованной льдом поверхностью моря Баффина и морем Лабрадор. Над открытой океанской поверхностью дисперсии относительно незначительные, что свидетельствует о малой временной изменчивости процессов (потоков скрытого и явного тепла), формирующих поля температуры воздуха.

Кластеризация массовой доли водяного пара на поверхности 850 гПа (рис. 3–4), имеет много общего с кластеризацией температуры воздуха на этой же поверхности, например:

– присутствует связь с океанскими течениями: Североатлантическим – Норвежским: его центральной частью и левой ветвью (течением Ирмингера) (рис. 3 – кластеры – западная зона H, E, F, рис. 4 – E, G, D) и правой (рис. 3 – кластеры – H, I, рис. 4 – K, H, I) ветвью;

– наличие идентичности в кластеризации двух характеристик в северо-восточной части Северной Атлантики, выраженной в расположении и направленности однородных зон. Географически на рисунках она представлена холодным Гренландским (рис. 3 – кластер B, рис. 4 – C) и более теплым Норвежским морем (рис. 3 – кластеры D, восточная часть E, рис. 4 – D, северо-восточная часть E);

– согласно табл. 2, репрезентативные векторы представленных кластеров имеют практически неменяющиеся во времени средние значения, уменьшающиеся в северном направлении от открытой морской поверхности к поверхности насыщенной льдами, что соответствует широтному распределению поступающей солнечной радиации. Отличие заключается только в распределении межгодовых дисперсий (табл. 1, 2): у массовой доли водяного пара увеличение с севера на юг, а у температуры воздуха наоборот. Значительная межгодовая изменчивость в однородных зонах массовой доли водяного пара E (рис. 3) и D (рис. 4) объясняется расположением их на пути перемещения циклонов, количество и интенсивность которых, не являются постоянными величинами;

– в районе Ньюфаундлендской энергоактивной зоны наблюдается увеличение меридионального градиента массовой доли водяного пара, свидетельствующего об интенсификации процессов, формирующих рассматриваемую характеристику.

В то же время в кластеризации массовой доли водяного пара присутствуют и некоторые особенности:

– во-первых, количество однородных зон по месяцам более стабильно (табл. 2), то есть постоянно присутствуют условия, поддерживающие разнообразие однородных зон в пределах 11 – 12. Формирование полей влажности на рассматриваемой высоте во многом зависит от процессов в приповерхностном слое, а именно испарение влаги с подстилающей поверхности приводит к уменьшению удельного веса объема приповерхностного воздуха и, соответственно, в результате действия силы плавучести, увеличению количества поступающего влажного воздуха на большие высоты. Другой причиной является формирование кластеров в зависимости от положения траекторий перемещения циклонических образований, где в их теплом секторе под действием южных ветров осуществляется перенос более насыщенного влагой воздуха;

– во-вторых, во все месяцы большую часть Гренландии занимает кластер, не распространяющийся на водную поверхность (рис.3 – кластер С, рис.4 – В) и, практически, не меняющий свою конфигурацию на протяжении рассматриваемого периода.

Этот кластер массовой доли водяного пара формируется под влиянием постоянной антициклональной деятельности над островом, отсутствием значительных потоков влаги с покрытой льдом и снегом поверхности, а также характеризуется наименьшим средним значением репрезентативного вектора и значением межгодовой дисперсии (табл. 2). Юг и юго-запад Гренландии выделяется в отдельную область (рис. 3 – кластеры А, В, рис. 4 – А, С), находящуюся под влиянием циклонической деятельности. Наличие в прибрежной зоне низких значений массовой доли водяного пара определяется выпадением большого количества осадков и, соответственно, относительным обезвоживанием воздуха на рассматриваемой поверхности;

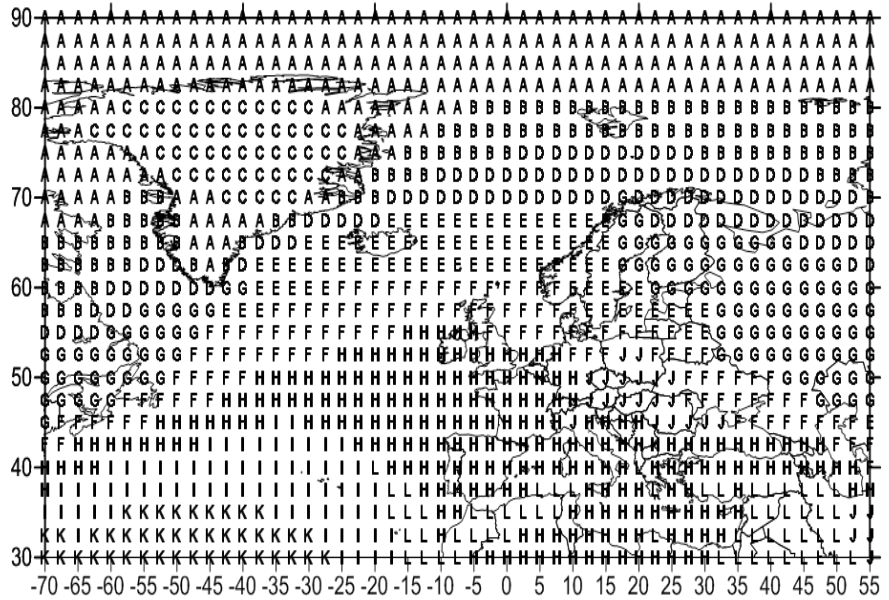


Рис. 3. Пространственное распределение кластеров среднемесячных значений массовой доли водяного пара на поверхности 850 гПа в Северной Атлантике (ноябрь)

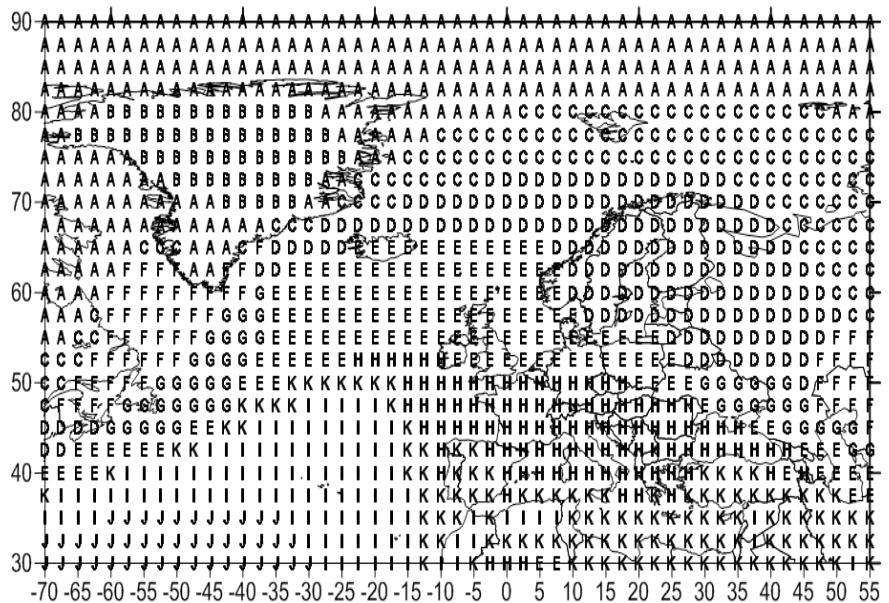


Рис. 4. Пространственное распределение кластеров среднемесячных значений массовой доли водяного пара на поверхности 850 гПа в Северной Атлантике (февраль)

Таблица 2

Межгодовые внутрикластерные дисперсии (МВкД) ((кг/кг)²) и средние значения (СЗ) (кг/кг) компонент репрезентативных векторов в кластерах массовой доли водяного пара (кг/кг) поверхности 700 гПа в Северной Атлантике (ноябрь, февраль)

№ п/п	Обозначение кластеров	МВкД ($\times 10^{-8}$)		СЗ ($\times 10^{-3}$)		№ п/п	Обозначение кластеров	МВкД ($\times 10^{-8}$)		СЗ ($\times 10^{-3}$)	
		ноябрь	февраль	ноябрь	февраль			ноябрь	февраль	ноябрь	февраль
1	A	1.2	0.9	0.7	0.5	7	G	5.6	8.6	2.3	2.1
2	B	2.4	0.9	1.2	0.2	8	H	3.0	10.7	4.1	2.9
3	C	0.9	2.6	0.3	1.0	9	I	6.8	5.4	5.6	4.1
4	D	3.3	5.9	1.8	1.7	10	J	16.2	10.2	3.5	5.4
5	E	6.0	3.1	2.5	2.5	11	K	7.9	5.4	6.9	3.4
6	F	3.7	5.9	3.1	1.4	12	L	17.6	-	4.7	-

– в-третьих, в южной части Северной Атлантики на протяжении холодного периода более чётко проявляется гребень максимальных значений массовой доли водяного пара с хорошо выраженной осью (рис. 3 – кластеры J, L, рис. 4 – J, I);

– в-четвёртых, кластер H – рис. 3, находящийся в зоне положительной дивергенции, т.е. зоне расхождения между антициклональным и циклональным круговоротами (субполярным и субтропическим), или же атмосферными центрами действия (Азорским максимумом и Исландским минимумом), на протяжении зимних месяцев теряет самостоятельные очертания. В феврале он уже представлен тремя кластерами H, K и частично I – рис. 4. В этом месяце, в отличие от других, в однородной зоне H (рис. 4) наблюдаются максимальные межгодовые дисперсии влажности. Принимая во внимание вышеуказанные процессы, способствующие формированию полей влажности на высотах нижней тропосферы, можно предположить, что этот факт связан с межгодовыми вариациями деформации полей давления, приводящих к различию ветровых режимов.

ВЫВОДЫ

1. Сравнение особенностей проявления экстремальных значений и общей структуры полей на климатических картах месячных и среднемесячных гидрометеорологических характеристик, построенных по данным непосредственных экспедиционных гидрометеорологических измерений [1] с особенностями распределений характеристик температурно-влажностного режима на уровне 850 гПа показывает их согласованность. Данный факт подтверждает объектив-

ность и целесообразность применения разработанного Универсального итерационного метода кластеризации данных для проведения исследований с использованием гидрометеорологических данных на климатических масштабах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны [Текст] / Под ред. С. Г. Горшкова. – Ленинград: Изд. ГУНИО, 1977. – 345 с.
2. *Ботыгин И. А.* Методы классификации и анализа климатических полей [Текст] / И. А. Ботыгин, С. Г. Катаев, В. С. Шерстнёв, А. И. Шерстнёва // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/74TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. С экрана. Яз. Рус., англ. DOI: 10.15862/74TVN615/.
3. *Ветрова Е. И.* Прогноз низкой облачности на аэродромах европейской территории бывшего СССР [Текст] / Е. И. Ветрова, Е. Н. Скриптунова, Н. П. Шакина // Метеорология и гидрология. – 2013. – №1. – С. 12–31.
4. *Григорьев А. А.* Классификация климатов СССР [Текст] / А. А. Григорьев, М. И. Будыко // Изв. АН СССР. Серия геогр. – 1959. – №3. – С. 58–70.
5. *Катаев С. Г.* Алгоритмические и программные средства аналитического и неразрушающего контроля параметров природной среды на основе метода выделения структур.: дис. ... док. Техн. Наук: 05.11.13 [Текст] / С. Г. Катаев. –Томск: Томский государственный педагогический университет, 2013. — 352 с.
6. *Кирста Ю. Б.* Пространственная декомпозиция метеорологических полей Евразии: разделение воздействий растительности и антропогенной деятельности [Текст] / Ю. Б. Кирста, Н. Ю. Курепина, О. В. Ловцкая // Фундаментальные исследования. – 2014. – №5. – С. 1030–1036.
7. *Коробов В. Б.* Климатическое районирование территорий экспертно-статистическими методами. Постановка задачи [Текст] / В. Б. Коробов, Л. Ю. Васильев // Метеорология и гидрология. –2004. – №6. – С. 38–48.
8. *Кулаичев А. П.* Методы и средства комплексного ovember ovemb [Текст] / А. П. Кулаичев. – Москва: ИНФРА-М, 2006. – 276 с.
9. *Кусков А. И.* Структура и динамика приземного температурного поля над азиатской территорией России [Текст] / А. И. Кусков, С. Г. Катаев – Томск: Изд-во Том. Гос. Пед. Ун-та, 2006. – 176 с.
10. *Лагутин М. Б.* Наглядная математическая статистика [Текст] / М. Б. Лагутин. – Москва: П-центр, 2003. – 347 с.
11. *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.
12. *Мандель И. Д.* Кластерный анализ [Текст] / И. Д. Мандель. – Москва: Финансы и Статистика, 1988. – 339 с.
13. *Овечкин С. В.* Опыт использования кластерного анализа при климатическом районировании Московской области [Текст] / С. В. Овечкин., Г. М. Майнашева // Вестник Моск. Гор. Пед. Ун-та: Серия «Естественные науки». – 2010. – №2 (6). – С. 65–74.
14. *Серга Э. Н.* Универсальный итерационный метод кластеризации данных [Текст] / Э. Н. Серга // Український гідрометеорологічний журнал. – 2013. – №12. – С. 112–123.
15. *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.
16. *Серга Э. Н.* Зоны интенсивных взаимодействий над Северной Атлантикой: поверхность 850 гПа, ноябрь [Текст] / Э. Н. Серга // Вісник Одеського національного університету. –

Серія географічні та геологічні науки. – 2017. – Том 22. – Вип. 2 (31). – С. 61–75.

17. Серга Э. Н. Особенности распределения однородных зон в полях гидрометеорологических характеристик над Северной Атлантикой в холодный период года. Поверхность 700 гПа [Текст] / Э. Н. Серга, И. Н. Серга / Научный журнал Пермского ун-та: Географический вестник. – 2017. – №3 (42). – С. 77–87.
18. Служба ovemb ECMWF ERA-40 URL: – Режим доступа: <http://www.ecmwf.int/products/data> (дата обращения: 12.03.2014).
19. Хромов С. П. Метеорология и климатология [Текст] / С.П. Хромов, М. А. Петросянц – Москва: Изд-во МГУ, 2004. – 582 с.
20. Armah Frederick Ato. Mining and Heavy Metal Pollution: Assessment of Aquatic Environments in Tarkwa (Ghana) using Multivariate Statistical Analysis [Текст] / Armah Frederick Ato, Obiri Samuel et al// Journal of Environmental Statistics, February 2010. – Vol. 1. – №4. – pp. 1–13.
21. 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].
22. Jain A. Data clustering: A review [Текст] / A. Jain, M. Murty, P. Flynn // ACM Computing Surveys. – 1999. – Vol. 31.– P. 264–323.
23. Köppen W. Das geographische System der Klimate [Текст] / W. Köppen – Berlin: Verlag von Gebrüder Bornträger, 1936. – 44 p.
24. Lance G. N. A general theory of classification sorting strategies. 1. Hierarchical systems [Текст] / G. N. Lance, W. T. Willams // Comp. J. – 1967.– no. 9. P. 373–380.
25. Mrutu A. Data mining using multivariate statistical analysis The case of heavy metals in sediments of the Msimbazi Creek mangrove wetland [Текст] / A. Mrutu, G. B. Luilo // Environmental Skeptics and Critics. – 2013. – Vol.2(4). – pp. 153–163.

REFERENCES

1. Atlas of the Oceans. Atlantic and Indian Oceans (1977), [Atlas okeanov. Atlanticheskii i Indiiyskii okeany], Leningrad: GANIO Publ., (Ed. Gorshkov, S.G.), 300 p.
2. Botygin, I. A., Kataev, S. G., Sherstnev, V. S., Sherstneva, A. I. (2015), Metody klassifikatsii i analiza klimaticheskikh poley [Methods of classification and analysis of climatic fields]. <http://naukovedenie.ru/PDF/74TVN615.pdf>. DOI: 10.15862/74TVN615.
3. Vetrova, Ye. I., Skriptunova, Ye. N., Shakina, N. P. (2013), Prognoz nizkoy oblachnosti na aerodromakh evropeyskoy territorii byvshego SSSR [The forecast of low clouds on the airfields of the European territory of the former USSR], Meteorology and Hydrology. No.1, pp. 2-31.
4. Grigor'ev, A. A., Budyko, M. I. (1959), Klassifikatsiya klimatov SSSR [Climate classification], Bulletin of the Academy of Sciences USSR. Geography series, No. 3, pp.58-70.
5. Kataev, S. G. (2013), Algoritmicheskie i programmnye sredstva analiticheskogo i nerazrushayushchego kontrolya parametrov prirodnoy sredy na osnove metoda vydeleniya struktur [Algorithmic and software of analytical and non-destructive control of environmental parameters based on the method of identifying structures], *Doctor's thesis*, Tomsk: Tomskiy gosudarstvennyy pedagogicheskii universitet, 352 p.
6. Kirsta, Yu. B., Kurepina, N. Yu., Lovtskaya, O. V. (2014), Prostranstvennaya dekompozitsiya meteorologicheskikh poley Yevrazii: razdelenie vozdeystviy rastitelnosti i antropogennoy deyatelnosti [Spatial decomposition of meteorological fields of Eurasia: separation of the effects of vegetation and anthropogenic activity], Fundamental research/ No.5, pp. 1030-1036.
7. Korobov, V. B., Vasil'ev, L. Yu. (2004), Klimaticheskoe rayonirovanie territoriy ekspertno-statisticheskimi metodami. Postanovka zadachi [Climatic zoning of territories by expert-statistical methods. Formulation of the problem], Meteorology and Hydrology. No.6, pp. 38-48.
8. Kulaichev, A.P. (2006), Methods and means for complex data analysis [Metody i sredstva kompleksnogo analiza dannykh], Moscow: INFRA-M, 276 p.

9. Kuskov, A. I., Kataev, S. G. (2006), *Struktura I dinamika prizemnogo temperaturnogo polya nad aziatskoy territoriyey Rossii* [Structure and dynamics of the surface temperature field over the Asian territory of Russia], Tomsk: Izdatelstvo Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, 176 p.
10. Lagutin, M. B. (2003), *Transparent mathematical statistics* [Naglyadnaya matematicheskaya statistika], Moscow: P-centr, 347 p.
11. 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 energoaktivnye oblasti Mirovogo okeana], Leningrad: Gidrometeoizdat, 335 p.
12. Mandel, I. D. (1988), *Cluster analysis* [Klasternyy analiz], Moscow: Finansy I Statistika, 339 p.
13. Ovechkin, S. V., Maynasheva, G. M. (2010), *Opyt ispolzovaniya klasternogo analiza pri klimaticheskom rayonirovanii Moskovskoy oblasti* [Experience of using cluster analysis in climatic zoning of the Moscow region], *Vestnik Mosk. Gor. Ped. Un-ta: Seriya «Yestestvennye nauki»*, No. 2 (6), pp. 65–74.
14. Serga, E. N. (2013), “Universal iterative method of data clasterization” [“Universalnyy iteratsionnyy metod klasterizatsii dannykh”], *Ukrainian hydrometeorological journal*, No. 12, pp. 112–123.
15. 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 srednemesjachnyh 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.
16. Serga, E. N. (2017), *Zony intensivnykh vzaimodeystviy nad Severnoy Atlantikoy: poverkhnost 850 gPa, noyabr* [Zones of intensive interactions over the North Atlantic: 850 mb geopotential height, ovember], *Bulletin of the Odessa National University, Series geographical and geological sciences*, volume 22, issue 2, pp. 61–75.
17. Serga, E. N. , Serga, I. N. (2017), *Osobennosti raspredeleniya odnorodnykh zon v polyakh gidrometeorologicheskikh kharakteristik nad Severnoy Atlantikoy v kholodnyy period goda. Poverkhnost 700 gPa* [Features of homogeneous domains distribution in fields of hydrometeorological characteristics over the Northern Atlantic in the cold period], *Geographical bulletin*, No 3(42). Pp. 77–87. DOI 10.17072/2079-7877-2017-3-77-87
18. ECMWF Data Service ERA-40, available at: <http://www.ecmwf.int/products/data> [accessed 12 March 2014].
19. Khromov, S. P., Petrosyants M. A. (2004), *Meteorologiya I klimatologiya* [Meteorology and Climatology]. Moscow: MSU, 582 p.
20. Armah Frederick Ato, Obiri Samuel et al. (2010), *Mining and Heavy Metal Pollution: Assessment of Aquatic Environments in Tarkwa (Ghana) using Multivariate Statistical Analysis*. *Journal of Environmental Statistics*, Vol. 1. No 4, pp. 1-13.
21. *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].
22. Jain, A., Murty, M., Flynn, P. (2008), *Data clustering: A review*. *ACM Computing Surveys*, vol. 31, no. 3, pp. 264–323.
23. Köppen, W. (1936), *Das geographische System der Klimate*. – Berlin: Verlag von Gebrüder Bornträger, 44 p.
24. Lance, G. N., Willams, W. T. (1967), *A general theory of classification sorting strategies. 1. Hierarchical systems*. *Comp. J.*, no. 9, pp. 373–380.
25. Mrutu A., Luilo G. B.(2013), *Data mining using multivariate statistical analysis The case of heavy*

metals in sediments of the Msimbazi Creek mangrove wetland // *Environmental Skeptics and Critics*. Vol. 2(4), pp. 153–163.

Надійшла 14. 10. 2018

Е. М. Серга, докт. геогр. наук, доцент
І. Н. Серга, канд. фіз.-мат. наук, доцент
Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська 15, Одеса, 65016, Україна
Serga_ed@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ НАД ПІВНІЧНОЮ АТЛАНТИКОЮ: ПОВЕРХНЯ 850 ГПА, ХОЛОДНИЙ ПЕРІОД

Резюме

Пропонуються схеми районування полів гідрометеорологічних характеристик на поверхні 850 гПа над Північною Атлантикою, виконаного за допомогою кластерного аналізу. Об'єктом для дослідження були обрані поля середньомісячних температур повітря і масової частки водяної пари, задані в вузлах регулярної сітки точок $2,5^\circ$ $2,5^\circ$ в районі Північної Атлантики з 1957 по 2002 рр. (листопад-березень). В цей час в помірних і північних широтах найбільш яскраво проявляється інтенсивна взаємодія між атмосферою і океаном: океан віддає тепло, накопичене в теплі місяці, що зумовлює, зокрема, інтенсифікацію потоків прихованого і явного тепла. Для виділення однорідних регіонів в полях зазначених гідрометеорологічних характеристик був використаний алгоритм Універсального ітераційного методу кластеризації даних. Даний метод заснований на відомих параметричних і непараметричних критеріях: Евклідової відстані, критерії Фішера, критерії Крамера-Уелча і критерії омега-квадрат (Лемана-Розеблатта). Наведено фізичний і статистичний аналіз отриманих схем кластеризації. Визначено загальні риси, і відмінності в розподілах полів значень температури і масової частки водяної пари. Загальна структура отриманих однорідних зон температури повітря і вологості має широтну спрямованість: їх розміри вздовж широтного кола значно перевищують меридіональні. Результати кластеризації відповідають процесам турбулентного перенесення тепла і вологи, циркуляційним умовам в атмосфері і океані. Аналіз мінливості меж однорідних районів, середніх значень репрезентативних векторів, дисперсій, середньоквадратичних відхилень протягом наступних часових інтервалів, допоможе визначити особливості мінливості клімату на прикладі полів розглянутих гідрометеорологічних характеристик.

Ключові слова: репрезентативний вектор, температура повітря, масова частка водяної пари, кластер, критерій, внутрішньокластерна дисперсія, Північна Атлантика.

E. N. Serga

I. N. Serga

Odessa State Environmental University,

Lvivska str. 15, Odessa 65016, Ukraine

Serga_ed@ukr.net

FEATURES OF TEMPERATURE AND HUMIDITY REGIME OVER THE NORTH ATLANTIC: 850 MB GEOPOTENTIAL HEIGHT, IN THE COLD PERIOD

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 fields of various hydrometeorological characteristics over the North Atlantic basin and the adjoining land area. Clusterization of the average monthly fields of air temperature, mass fraction of water vapor 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 in Northern Atlantic, as analogues of energy-active zones.

Data & Methods. As a research object for investigation the fields of mean monthly air temperatures and the mass fraction of water vapor given at nodes of the regular grid of points $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ in the Northern Atlantic from 1957 to 2002 (November-March), were taken. In order to identify homogeneous regions in the fields of these hydrometeorological characteristics, the algorithm of the Universal iterative method of data clusterization is used. This method is based on known parametric and nonparametric criteria: Euclidean distance, Fisher criteria, Cramer-Welch criteria and omega-square criteria (Lehmann-Roseblatt).

Results. The clusterization schemes proposed are verified from both physical and statistical points of view. The general structure of the obtained homogeneous zones of air temperature and humidity has a latitudinal direction: their dimensions along the latitudinal circle are much higher than the meridional ones. The results of clusterization correspond to processes of turbulent transfer of heat and moisture, circulation patterns in the atmosphere and the ocean. Analysis of the variability of the boundaries of homogeneous regions, the mean values of representative vectors, variances, mean square deviations over subsequent time intervals, will help to determine the features of climate variability by the example of the fields of the hydrometeorological characteristics in question.

Keywords: representative vector, air temperature, specific humidity, cluster, criterion, intra-cluster variance, North Atlantic.