

3. "State report "On the state and Environmental Protection and Natural Resources of the Republic of North Ossetia–Alania in 2014". Vladikavkaz. 2014.

4. "State report "On the state and Environmental Protection and Natural Resources of the Republic of North Ossetia–Alania in 2015". Vladikavkaz. 2015.

5. Kebalova L.A. and Diambekova E.T. (2013), "Air pollution Vladikavkaz", Current city: problems and prospects, [Proceedings of All-Russian scientific-practical conference], Publishing House of the North Ossetian State University, Vladikavkaz, pp. 466–469.

6. Kebalova, L.A. (2015), "Environmental assessment of the environment North Ossetia-Alania and health", [Proceedings of the I International scientific-practical conference] "Mountain areas: the conservation of identity and sustainable development", held in Makhachkala on April 3rd 2015, Publishing House "Science Plus", Makhachkala, pp. 127–130.

Поступила в редакцию: 06.08.2016

Сведения об авторе

Кебалова Любовь Александровна

кандидат педагогических наук, доцент кафедры геоэкологии и землеустройства Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова; 362025, Россия, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Ватутина, д. 44–46;

e-mail: LubovKebalova@yandex.ru

About the author

Lyubov A. Kebalova

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Geoecology and Land Management, North-Ossetian State University name after K.L. Khetagurov; 44–46, Vatutina str., Vladikavkaz, RSO-Alania, 362025, Russia;

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Кебалова Л.А. Экологическая оценка состояния атмосферного воздуха города Владикавказ // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №3(42). С. 71–77. doi 10.17072/2079-7877-2017-3-71-77

Please cite this article in English as:

Kebalova L.A. Ecological assessment of atmospheric air in Vladikavkaz // Geographical bulletin. 2017. № 3(42). P. 71–77. doi 10.17072/2079-7877-2017-3-71-77

УДК 551.58

Э.Н. Серга, И.Н. Серга ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОДНОРОДНЫХ ЗОН В ПОЛЯХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАД СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКОЙ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Одесский государственный экологический университет, Одесса, Украина

Для исследования горизонтального распределения гидрометеорологических характеристик, как правило, применяются методы статистического анализа, в том числе и многомерного статистического анализа (факторного, кластерного и т.д.), которые позволяют не только получить поля той или иной характеристики с помощью построения соответствующих изолиний, но и определить целые однородные районы с характерной репрезентативной точкой, что помогает существенно сжать информацию, выявить границы распределения характеристики в общей пространственной совокупности.

Предлагаются схемы районирования полей температуры воздуха и массовой доли водяного пара на поверхности 700 гПа 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

распределение указанных гидрометеорологических характеристик имеет широтное направление. Определены общие черты и различия в распределениях полей значений температуры и массовой доли водяного пара. Анализ изменчивости границ однородных районов, средних значений репрезентативных векторов, дисперсий, среднеквадратических отклонений на протяжении последующих временных интервалов позволит выявлять особенности изменчивости климата на примере полей рассматриваемых гидрометеорологических характеристик.

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

E.N. Serga, I.N. Serga
**FEATURES OF HOMOGENEOUS DOMAINS DISTRIBUTION IN FIELDS OF
HYDROMETEOROLOGICAL CHARACTERISTICS OVER THE NORTHERN ATLANTIC IN
THE COLD PERIOD**

Odessa State Environmental University, Odessa, Ukraine

In order to investigate horizontal distribution of hydro-meteorological characteristics, statistical analysis techniques, including multidimensional analysis (for example, factor, cluster ones, etc.), are usually applied. These techniques allow for obtaining not only fields of one or another characteristic by means of plotting appropriate isolines, but determining whole homogeneous areas with the characteristic representative point, which helps to compress information essentially and reveal boundaries of the characteristic distribution in the entire spatial assembly.

In the paper, zoning schemes for fields of air temperature and specific humidity at 700 mb over the Northern Atlantic, obtained with the use of the Universal Cluster Iterative method, are proposed. The given clusterization schemes have been verified from both physical and statistical points of view. It is shown that the distribution of the said hydro-meteorological characteristics over the Northern Atlantic is of zonal type. General features and differences in the distribution of air temperature and specific humidity fields have been determined. Variability analysis of homogeneous areas boundaries, averaged values of representative vectors, variances, and standard deviations for future time steps allows for identifying the characteristics of climate variability by the example of the fields of the meteorological characteristics examined.

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

doi 10.17072/2079-7877-2017-3-77-87

Введение

Гипотезы об изменении климата обусловили необходимость более детального рассмотрения механизмов взаимодействия компонентов климатической системы – атмосферы, океана, криосферы, деятельного слоя суши и биосферы как с качественной, так и количественной сторон.

Энергетическое взаимодействие между океаном и атмосферой на временных масштабах, сравнимых с сезонными, имеет важную особенность. Исследования показали, что наблюдаются амплитудно-фазовые различия характеристик теплосодержания атмосферы и океана. Так определено опережение в годовом ходе термических и влажностных характеристик океана термическими и влажностными характеристиками атмосферы. Запаздывание по фазе температуры воды относительно температуры воздуха составляет в среднем по Мировому океану 25–30 суток [4].

Обмен теплом и импульсом между атмосферой и океаном в большой мере определяет степень приспособления циркуляции воздушных масс к характеристикам океанической поверхности. В работе [4] в качестве меры приспособления рассматривается взаимное расположение вектора ветра над водной поверхностью, который отражает направление переноса и генезис воздушных масс, и вектора скорости крупномасштабных океанических течений, определяющего градиенты температуры вод поверхности океана и положение основных гидрологических фронтов. Например, если воздушная масса перемещается перпендикулярно к фронту, то в непосредственной близости от него образуются большие вертикальные градиенты метеорологических величин в приповерхностном слое. Они приводят к возникновению экстремальных значений энергообмена.

Однако если для уровня подстилающей поверхности энергоактивные зоны достаточно хорошо описаны, а также определены основные гидрометеорологические характеристики, с которыми они связаны, в частности разность температур, потоки влаги и тепла между океаном и атмосферой, то для

поверхностей свободной атмосферы такие данные имеют только общий характер, связанный с энергетикой атмосферных процессов на климатических масштабах.

Исследование различных проявлений средних температур в виде среднесуточных, среднемесячных, среднегодовых значений, а так же потоков тепла, влажностных и ветровых характеристик позволяет определить климатические изменения как в отдельных районах, так и по всему земному шару. Например, в докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) [9] 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.

Для исследования горизонтального распределения гидрометеорологических характеристик, как правило, применяются методы статистического анализа, в том числе и многомерного статистического анализа (например, факторного, кластерного и т.д.), которые позволяют не только получить поля той или иной характеристики с помощью построения соответствующих изолиний, но и определить однородные районы с характерной репрезентативной точкой, что помогает существенно «сжать» информацию, выявить границы распределения характеристики в общей пространственной совокупности.

Анализ изменчивости границ полученных районов, а также соответствующих статистических показателей (средних значений, дисперсий, среднеквадратических отклонений) на протяжении последующих временных интервалов позволяет судить об особенностях проявления изменчивости климата и её интенсивности в полях рассматриваемых гидрометеорологических характеристик. Кроме того, существенно упрощается задача построения выборки предикторов, снижаются требуемые вычислительные мощности при исследовании взаимосвязи между различными параметрами, характеризующими взаимодействия в деятельном слое системы океан-атмосфера.

Однако все указанные положительные стороны предлагаемого подхода к изучению полей температуры, так же как и других характеристик, имеют место только при наличии объективных исходных данных с минимальным пространственным шагом и отвечающим предъявляемым к статистическим рядам требованиям однородности, независимости, представительности.

Кластеризация среднемесячных полей температуры воздуха, массовой доли водяного пара на поверхности 700 гПа, расчет статистических характеристик соответствующих однородных зон является целью данной работы и, одновременно, частью более общего исследования, связанного с определением районов интенсивного взаимодействия параметров состояния атмосферы и океана в Северной Атлантике, как аналогов энергоактивных зон.

Поверхность 700 гПа относится к нижней части тропосферы, где распределение гидрометеорологических характеристик определяют не только результаты взаимодействия подстилающей поверхности с приземным слоем воздуха, но и в то же время процессы, присущие средней тропосфере: особые циркуляционные условия, поглощение длинноволнового излучения водяным паром, облакообразование (конденсация и испарение), потеря устойчивости волнами вблизи атмосферных поверхностей раздела, приводящая к развитию турбулентного перемешивания, струйные течения.

Условия формирования полей гидрометеорологических характеристик в Северной Атлантике существенно отличаются от тех, которые присутствуют в части океана, находящейся в Южном полушарии. Данные различия определяются не только особенностями самого водного пространства, но и конфигурацией ограничивающей его суши. В зимнее время формирующийся над ней антициклональный холодный воздух в умеренных широтах выносится сильными западными ветрами на теплую океанскую поверхность, что способствует усилению циклогенеза. Усиливающийся Исландский минимум во многом определяет метеорологические условия над Северной Атлантикой и над Европой. В то же время влияние на формирование полей рассматриваемых характеристик зоны повышенного давления, связанной с Азорским максимумом, уменьшается.

Подобные процессы предполагают наличие неоднородностей в полях различных гидрометеорологических характеристик Северной Атлантики. Одним из методов исследования данных неоднородностей является кластерный анализ.

Материал и методы исследований

Существует большое количество литературных источников, где подробно описаны различные методы проведения кластерного анализа [2; 3; 10; 11]. Однако идеального алгоритма не существует и

потенциально не может существовать [5]. В разработанном нами универсальном итерационном методе кластеризации данных (УИМКД) [6] 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 статистика 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 700 гПа, заданные в узлах регулярной сетки точек $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ 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 2003 г. Таким образом, в каждом узле сетки для каждого из указанных месяцев были сформированы 45-мерные векторы гидрометеорологических характеристик. Множество этих векторов и было представлено алгоритму УИМКД для разбиения на однородные кластеры.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты проведенной кластеризации полей среднемесячных значений температуры воздуха и массовой доли водяного пара на поверхности 700 гПа приведены на рис. 1–4. Определённые алгоритмом кластеры отображены на рисунках различными буквенными обозначениями латиницы.

В табл. 1, 2 представлены основные статистические характеристики (средние значения и межгодовые внутрикластерные дисперсии), соответствующие репрезентативным векторам выделенных однородных районов.

Общая структура однородных зон в полях температуры воздуха (рис. 1, 2), согласно представленным схемам в основном имеет широтную направленность с отличающейся меридиональной протяженностью (например, кластер G рис.1 – в западной части имеет меридиональную протяжённость больше, чем на востоке).

В отличие от ранее выполненной кластеризации температуры воздуха на высоте 2 м и температуры подстилающей поверхности [7], где нарушается единая протяжённость кластеров над сушей и над водой, на поверхности 700 гПа наблюдаются одноименные однородные зоны, охватывающие обе поверхности (например, рис.1 – кластеры – E, B, G, M, I, рис.2 – C, E, G, J, I). Такая особенность в расположении кластеров на высоте около 3000 м является следствием преобладания горизонтальной турбулентности над вертикальной, обусловленной процессами, возникающими в результате взаимодействия воздуха с подстилающей поверхностью. Это же способствует и уменьшению количества однородных зон с ноября по февраль (соответственно, 18, 14, 12, 11).

Присутствующие над сушей однородные зоны в осеннем месяце (рис. 1 – кластеры – C, M) на протяжении зимнего периода сохраняются только над центром Гренландии (рис. 2 – B). По географическому положению это место является одним из центров холода и характеризуется активной антициклональной деятельностью, самыми низкими средними значениями репрезентативных векторов и наибольшими межгодовыми дисперсиями (табл. 1).

Восточная часть Гренландии в ноябре представлена двумя кластерами – B и E (рис. 1). Кластер B занимает северо-восточную часть, распространяясь далее на восток по северным окраинам Гренландского моря и острова Шпицберген в сторону Баренцева моря. Северная граница этой однородной зоны проходит вдоль 85° с.ш. Кластер E начинается с широкой по меридиану части, располагающейся над морем Баффина, далее обходит с юга центральную часть и заканчивается узкой полосой на востоке острова.

В течение периода декабрь–февраль происходит разделение однородной зоны B (рис. 1) между кластерами A и D (рис. 1). Последний из них в феврале образует часть кластера C (рис. 2), которая занимает северную половину Гренландского моря, покрытую льдом. Другая часть кластера C, находящаяся над территорией Гренландии, с наступлением каждого последующего месяца зимы всё дальше распространяется на запад острова и в феврале уже охватывает южную оконечность моря Баффина, которая в ноябре находилась под влиянием кластера E (рис. 1). Такая перестройка в

основном связана с частичным ослаблением антициклональной и усилением циклонической деятельности в указанном районе. Соответственно, это приводит к изменению ветрового режима на поверхности 700 гПа над восточной и южной частью Гренландии, препятствующего горизонтальному перемешиванию воздушных масс. Такому распределению температур способствует также и однородная подстилающая поверхность, занятая льдом, наличие которого, в свою очередь, препятствует поступлению явного и скрытого тепла в атмосферу.

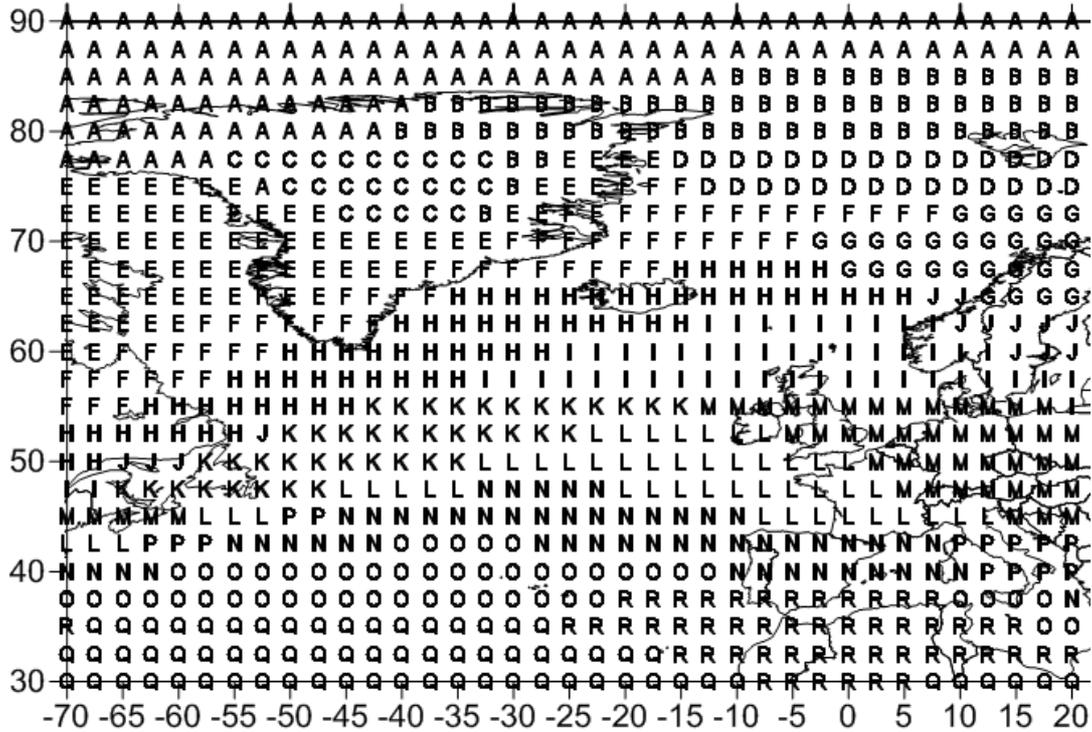


Рис. 1. Карта распределения кластеров среднемесячных значений температуры воздуха, поверхность 700 гПа, Северная Атлантика (ноябрь)

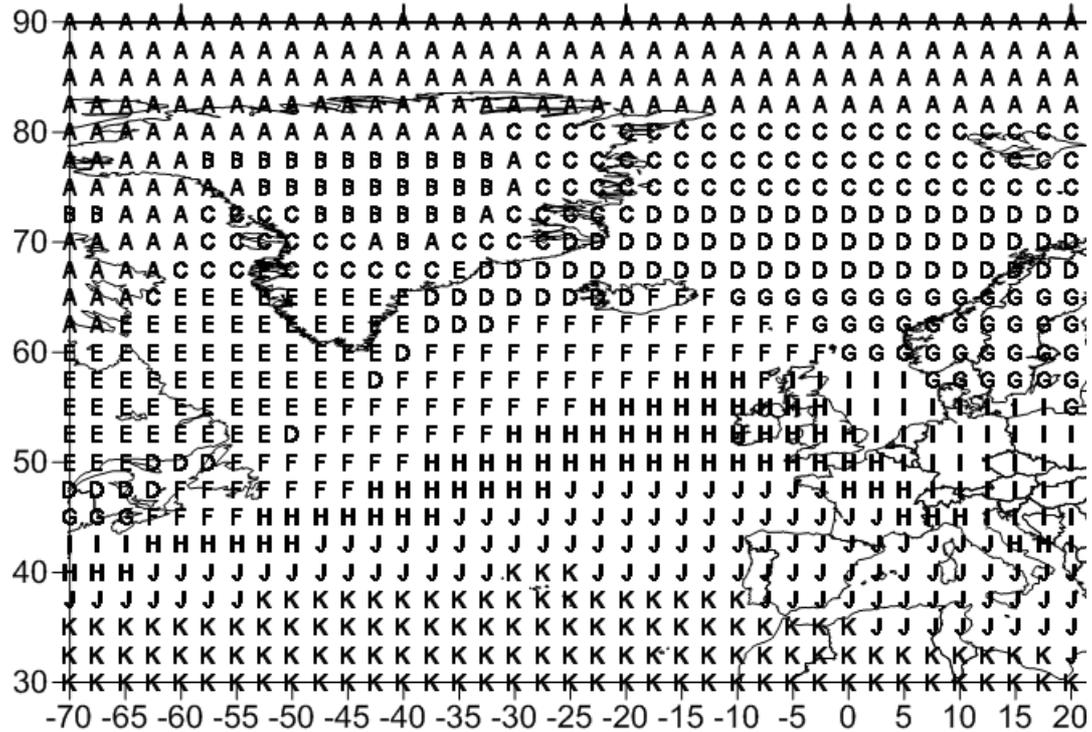


Рис. 2. Карта распределения кластеров среднемесячных значений температуры воздуха, поверхность 700 гПа, Северная Атлантика (февраль)

Таблица 1

Межгодовые внутрикластерные дисперсии (МВкД) (K^2) и средние значения (СЗ) (К) компонент репрезентативных векторов в кластерах температуры воздуха (К) на поверхности 700 гПа в Северной Атлантике (ноябрь, февраль)

№ n/n	Обозначение кластеров	МВкД		СЗ		№ n/n	Обозначение кластеров	МВкД		СЗ	
		ноябрь	февраль	ноябрь	февраль			ноябрь	февраль	ноябрь	февраль
1	A	3,5	3,6	247,7	245,7	10	J	3,6	0,7	261,6	268,0
2	B	4,9	8,4	249,8	244,0	11	K	2,7	0,5	264,9	272,5
3	C	6,4	2,5	246,2	250,0	12	L	1,0	–	268,2	–
4	D	5,8	1,6	253,6	254,9	13	M	1,6	–	266,0	–
5	E	4,2	9,2	251,7	251,7	14	N	0,5	–	271,0	–
6	F	3,0	2,8	256,0	259,7	15	O	0,3	–	273,4	–
7	G	4,4	2,6	257,9	258,2	16	P	1,4	–	269,5	–
8	H	2,8	1,0	259,8	264,2	17	Q	0,3	–	276,7	–
9	I	2,2	2,2	263,0	262,0	18	R	0,8	–	274,2	–

Кластер G (рис. 1), находящийся над центральной частью Норвежского моря и соответствующий Нордкапскому течению, в декабре–феврале перестаёт быть самостоятельным очагом. Объединение его с однородными зонами F и H (рис. 1), относящимися к наиболее протяжённым кластерам (F – над северо-западной частью моря Лабрадор через южную оконечность Гренландии к южной половине Гренландского моря и H – над центральной частью моря Лабрадор через Исландию к южной части Норвежского моря) над северо-восточной Атлантикой, приводит к образованию кластеров D и F (рис. 2).

В последний из них входят также зоны, которые территориально расположены над центральной и северной частями системы Гольфстрим – Североатлантическое – Норвежское течение (рис. 1 – K, I). Одним из основных факторов формирования значений температуры в кластерах над этой мощной водной струёй являются турбулентные потоки тепла, связанные с прохождением барических систем над подстилающей поверхностью с большими градиентами.

В феврале над южной частью Норвежского моря появляется самостоятельный очаг (G – рис. 2), включающий в себя территорию над Скандинавским полуостровом и восточной частью Балтийского моря, по очертаниям похожий на кластер G (рис. 1). Западные части кластеров F и H, находящиеся над морем Лабрадор (рис. 1), в конце зимнего периода образуют единый кластер E (рис. 2), располагающийся над большей частью Лабрадорского моря, насыщенного льдами, и южной оконечностью Гренландии. Значительные межгодовые вариации температуры здесь связаны с деформациями барического поля, приводящего к сменам направления ветра. Последний, в свою очередь, обуславливает вынос холодного континентального воздуха в тылу циклонов и относительного теплого морского воздуха в их теплом секторе.

Количество неоднородных между собой зон (K, L, P, N, M – рис. 1), занимающих центральную часть Северной Атлантики в ноябре, в зимние месяцы уменьшается, и вместо очагов формируются кластеры, имеющие протяжённость через всю территорию с запада на восток (например, F, H, G – рис. 1).

В месяцы холодного периода на поверхности 700 гПа проявляется температурная зона, располагающаяся над Северным морем и далее через юго-западную часть Балтийского моря на Центральную Европу (M – рис. 1, I – рис. 2). В январе она составляет единое целое с кластером, соответствующим центральной части Североатлантического течения, а в ноябре и декабре западная часть её включает воздушную зону над Британскими островами.

Аналогично распределению полей температур у подстилающей поверхности, где на схемах присутствуют линии конвергенции и дивергенции в зональной направленности кластеров [7], наблюдается концентрация или же сужение различных однородных зон (рис. 1 – кластеры K, L, P, N, рис. 2 – F, H, I, J) в районе Ньюфаундлендской банки, иначе увеличение меридионального градиента температуры. Этот район, согласно исследованиям [4], является одной из энергоактивных зон Северной Атлантики, находящейся на стыке Лабрадорского холодного течения и северной стороны Гольфстрима – Североатлантического течения. Таким образом, можно сделать вывод об интенсивном

взаимодействии здесь нижележащих слоев воздуха и слоя на поверхности 700 гПа. Процесс взаимодействия характеризуется значительными потоками тепла и влаги в атмосферу за счет поступающего холодного воздуха с материка на теплую океанскую поверхность.

При рассмотрении формирования полей температуры на поверхности 700 гПа важным моментом является соответствие однородных зон среднемесячному полю давления, а именно распределению областей высоких и низких значений геопотенциала. На представленных схемах систему кластеров P, N, O, R (рис. 1) и J, K (рис. 2) можно сопоставить Азорскому максимуму в атмосфере, характеризующемуся слабой интенсивностью в это время года (область океанского субтропического антициклонального круговорота) и Исландскому минимуму (океанскому субполярному циклональному круговороту) (F, H, I, K – рис. 1, E, F – рис. 2), наиболее развитому в зимний период. Кластеры L (рис. 1) и H (рис. 2) располагаются в зоне положительной дивергенции, т.е. в зоне расхождения между указанными выше атмосферными центрами действия.

Средние значения репрезентативных векторов однородных зон соответствуют широтному распределению поступающей солнечной радиации, т.е. имеет место меридиональный градиент (значения в южных кластерах выше, чем в северных) (табл. 1).

Максимальные межгодовые внутрикластерные дисперсии значений температуры в зимние месяцы наблюдаются в кластерах над центральной Гренландией и над скованной льдом поверхностью моря Баффина и морем Лабрадор (табл. 1). В ноябре значительная межгодовая изменчивость температуры, соответствующая зонам над северной половиной Гренландского моря (B, D – рис. 1), прежде всего, определяется неоднородностью подстилающей поверхности и частой сменой направления ветра на поверхности 700 гПа.

Над открытой океанской поверхностью, особенно в южных районах, дисперсии незначительные, что свидетельствует о малой временной изменчивости факторов, влияющих на формирование полей температуры. К таким факторам можно отнести относительное постоянство в значениях потоков скрытого и явного тепла, а также квазистационарность в системе движений воздуха в средней тропосфере.

В кластеризации массовой доли водяного пара на поверхности 700 гПа (рис. 3–4) есть много общего с кластеризацией температуры воздуха на этой же поверхности. Но, несмотря на хорошую коррелируемость в распределениях этих характеристик, наблюдается и ряд существенных отличий.

Количество однородных зон по месяцам более стабильно (табл. 2), т.е. на протяжении холодного периода сохраняются условия, поддерживающие количество неоднородных зон в пределах 8–10. Формирование полей влажности на рассматриваемой высоте зависит в том числе и от процессов в приповерхностном слое, а именно: испарение влаги с поверхности приводит к уменьшению удельного веса объема воздуха и, соответственно, в результате действия силы плавучести, к увеличению вероятности поступления различных объемов влажного воздуха на большие высоты. Но в то же время необходимо учитывать, что по мере увеличения высоты турбулентные потоки тепла и влаги ослабевают, и одним из основных процессов образования однородных зон становится горизонтальное перемешивание, определяемое циркуляцией верхних слоев тропосферы, особенно севернее струи Гольфстрим – Нордкапское течение. Другой причиной является формирование кластеров в зависимости от положения траекторий перемещения циклонических образований (шторм-треков), где в теплом секторе области низкого давления южные ветры переносят более насыщенный влагой воздух.

Согласно табл. 2, средние значения репрезентативных векторов, так же как и у температуры воздуха, соответствуют широтному распределению поступающей солнечной радиации, т.е. имеет место меридиональный градиент с севера на юг.

На представленных схемах в южной части Северной Атлантики наблюдается зональный градиент: в юго-восточной зоне (кластеры H – рис. 3, I – рис. 4) значения ниже, чем в юго-западной (кластеры G – рис. 3, H – рис. 4).

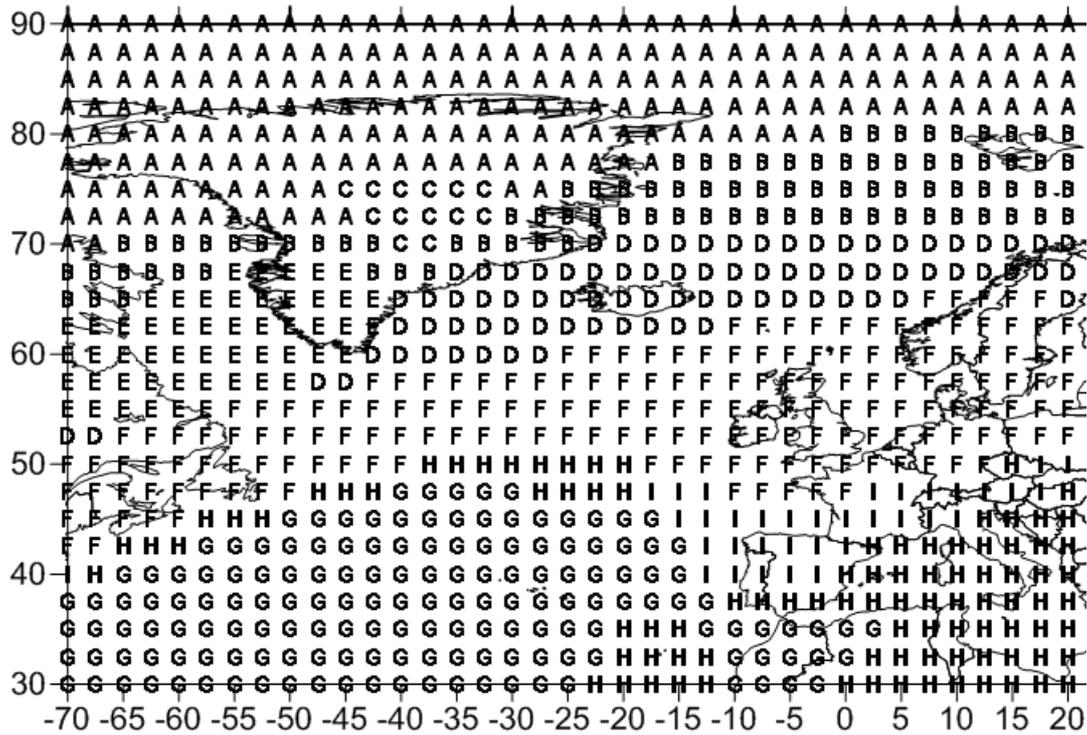


Рис. 3. Карта распределения кластеров среднемесячных значений массовой доли водяного пара, поверхность 700 гПа, Северная Атлантика (ноябрь)

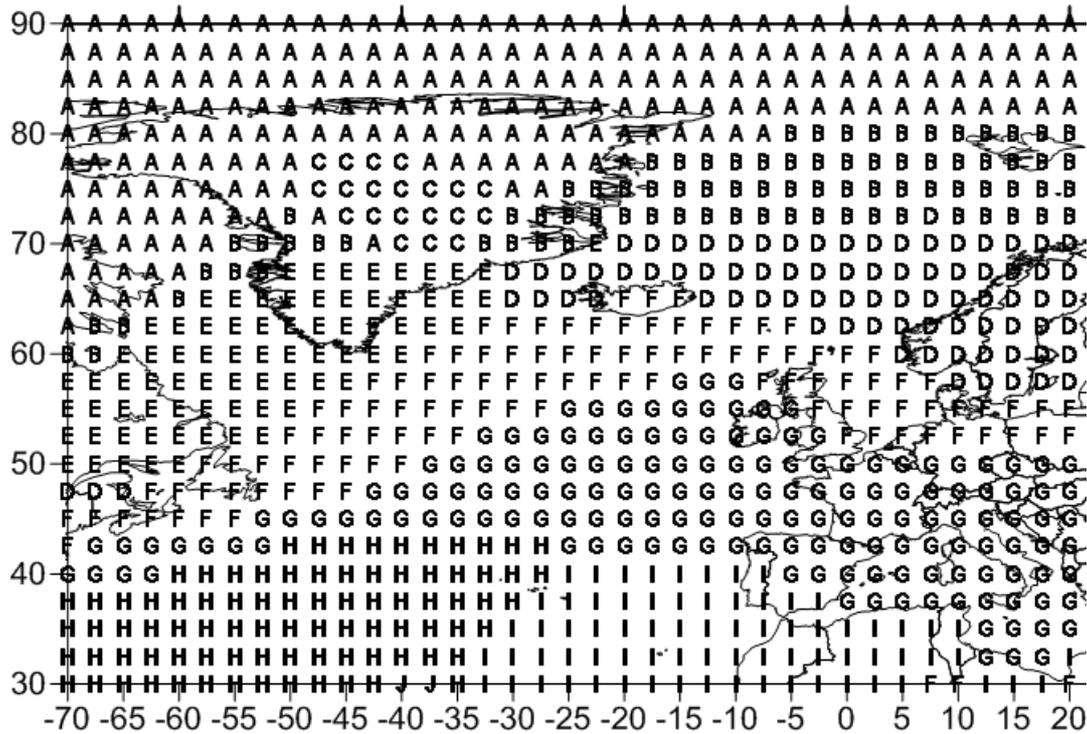


Рис. 4. Карта распределения кластеров среднемесячных значений массовой доли водяного пара, поверхность 700 гПа, Северная Атлантика (февраль)

Первая группа кластеров располагается над относительно холодными Португальским и Канарским течениями, где вертикальные турбулентные потоки влаги слабее, а вторая – над правой ветвью Гольфстрима.

Распределения внутрикластерной межгодовой изменчивости рассматриваемых характеристик существенно различаются: у массовой доли водяного пара происходит увеличение её значений с севера на юг, а у температуры воздуха наоборот (табл. 1, 2).

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)

№ n/n	Обозначение кластеров	МВкД ($\times 10^{-8}$)		СЗ ($\times 10^{-3}$)		№ n/n	Обозначение кластеров	МВкД ($\times 10^{-8}$)		СЗ ($\times 10^{-3}$)	
		ноябрь	февраль	ноябрь	февраль			ноябрь	февраль	ноябрь	февраль
1	A	0,5	0,4	0,5	0,3	6	F	1,4	1,3	1,6	1,2
2	B	1,4	0,8	0,7	0,5	7	G	3,3	2,1	2,4	1,6
3	C	1,4	1,2	0,3	0,3	8	H	3,5	3,6	2,1	2,0
4	D	2,1	1,6	1,2	0,9	9	I	4,0	8,2	2,0	1,7
5	E	2,5	2,9	1,0	0,7	10	J	–	7,7	–	1,9

В зимний период на поверхности 700 гПа интенсификация процессов, формирующих увеличение меридионального градиента массовой доли водяного пара в районе Ньюфаундлендской энергоактивной зоны, проявляется не так ярко, как при кластеризации температуры. Данный факт на схемах представлен только узкой переходной зоной: в ноябре – кластером H (рис. 3), в феврале – западной частью кластера G (рис. 4) и объясняется ослабленным влагообменом на поверхности 700 гПа с нижележащими слоями в зоне соприкосновения Лабрадорского и Североатлантического течений.

Наличие идентичности в образовании кластеров рассматриваемых метеорологических характеристик в северо-восточной части Атлантики над холодным Гренландским и теплым Норвежским морями (кластеры B, D – рис. 3, B, D – рис. 4), выраженной в строгой зональности расположения однородных зон и форме покрытия ими указанной области, свидетельствует о единстве процессов формирования значений температуры и влажности. К таким процессам относятся перенос тепла и влаги при перемещении синоптических систем и турбулентные потоки скрытого тепла над поверхностью закрытой льдами и свободной от льда (табл. 2).

Во все рассматриваемые месяцы над Гренландией область, несколько смещённую на восток от центра, занимает кластер, не распространяющийся на водную поверхность (рис. 3 – кластер C, рис. 4 – C) и, практически, не меняющий свою конфигурацию на протяжении рассматриваемого периода. Этот кластер массовой доли водяного пара формируется под влиянием антициклональной деятельности над островом, при отсутствии значительных потоков влаги с покрытой льдом и снегом поверхности. Он также характеризуется наименьшим средним значением репрезентативного вектора и незначительной межгодовой внутрикластерной дисперсией (табл. 2). Юг Гренландии выделяется в отдельную область (рис. 3 – кластеры E, B, рис. 4 – E), 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.

Кластер G (рис. 4), 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), соответствующий центральной части и правой ветви Гольфстрима, в ноябре находится севернее (F – рис. 3). Это связано с тем, что осенью Азорский максимум ещё хорошо развит, и среднемесячное поле высокого давления занимает большую часть Северной Атлантики. В дальнейшем, в связи с ослаблением Азорского максимума и усилением Исландского минимума, происходит частичная перестройка высотного поля давления, и зона положительной дивергенции смещается южнее.

Выводы

Все приведенные особенности распределения кластеров рассмотренных параметров состояния атмосферы на поверхности 700 гПа и их структуры в Северной Атлантике физически обоснованы, подтверждены рассчитанными значениями статистических характеристик. Объективность полученных результатов в совокупности с преимуществами используемого алгоритма (отсутствие предварительных условий, автоматическое определение оптимального количества кластеров,

согласованность критериев определения независимости) подтверждают возможность применения УИМКД при проведении исследований с использованием гидрометеорологических данных.

Сравнение приведенных результатов нашего исследования показывает, что полученные однородные регионы по показателям среднемесячных полей температуры воздуха и массовой доли водяного пара хорошо согласуются с приземными климатическими картами месячных и среднемесячных гидрометеорологических характеристик, построенными на основе данных непосредственных экспедиционных гидрометеорологических измерений, таких как карты распределения суммарной солнечной радиации, радиационного баланса, затрат тепла на испарение, температуры воздуха у поверхности океана, температура воды на поверхности и т.д. [1]. Эта согласованность носит общий характер, подтверждающий основные черты и их сохранение в распределениях указанных гидрометеорологических характеристик на период до 2003 г. соответствующих месяцев холодного периода.

Результаты проведенного исследования позволят облегчить работу по выявлению районов интенсивного взаимодействия между процессами, формирующими гидрометеорологические характеристики атмосферы и океана в Северной Атлантике, а также повысить их роль в формировании особенностей климатических режимов Восточноевропейского сектора.

Библиографический список

1. *Атлас океанов*. Атлантический и Индийский океаны / под ред. С.Г. Горшкова. Л.: Изд-во ГУНИО, 1977. 334 с.
2. *Кулаичев А.П.* Методы и средства комплексного анализа данных. М.: ИНФРА-М, 2006. 276 с.
3. *Лагутин М.Б.* Наглядная математическая статистика. М.: П-центр, 2003. 347 с.
4. *Латпо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е.* Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 335 с.
5. *Мандель И.Д.* Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. 339 с.
6. *Серга Э.Н.* Универсальный итерационный метод кластеризации данных // Украинський гідрометеорологічний журнал. 2013. №13. С. 112–123.
7. *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. 180–185.
8. *Служба данных ECMWF ERA-40* [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ecmwf.int/products/data> (дата обращения: 15.01.2017).
9. *Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M.* (Eds). IPCC, 2013: 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. 1535 p.
10. *Jain A., Murty M., Flynn P.* Data clustering: A review. ACM Computing Surveys, 1999, vol. 31, no. 3, P. 264–323.
11. *Lance G.N., Willams W.T.* A general theory of classificatory sorting strategies. 1. Hierarchical systems. Comp. J. 1967. No. 9. P. 373–380.

References

1. Gorshkov, S.G. (Ed.) (1977), "Atlas okeanov. Atlanticheskiy i Indijskiy okeany" [Atlas of the Oceans. Atlantic and Indian Oceans], GANIO Publ, Leningrad, Russia.
2. Kulaichev, A.P. (2006), "Metody i sredstva kompleksnogo analiza dannyh" [Methods and means for complex data analysis], INFRA-M, Moscow, Russia.
3. Lagutin, M.B. (2003), "Naglyadnaya matematicheskaya statistika" [Transparent mathematical statistics], P-centr, Moscow, Russia.
4. Lappo, S.S., Gulev, S.K., and Rozhdestvenskiy, A.E. (1990), "Krupnomashtabnoe 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, USSR.
5. Mandel', I.D. (1988), "Klasternyi analiz" [Cluster analysis], Finansy i Statistika, Moscow, Russia.
6. Serga, E.N. (2013), "Universal'nyi iteratsionnyi metod klasterizatsii dannyh" [The universal iterative method of clusterization data], *Ukrainian hydrometeorological journal*, no. 13. pp. 112–123.

7. Serga, Je.N. and Sushhenko, A.I. (2014), "Klimaticheskoe rajonirovanie polej srednemesjachnyh temperatur podstilajushhej poverhnosti i vozduha v severnoj chasti Atlanticheskogo okeana v zimnij period" [Climate zoning of monthly surface temperature in the north pacific during winter], Austrian Journal of Humanities and Social Sciences, no. 9–10. pp. 180–185.

8. Sluzhba dannykh ECMWF ERA-40. [Data Service ESMWF ERA-40]. Available at: <http://www.ecmwf.int/products/data>.

9. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, S.K., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgley, P.M. (Eds). IPCC, 2013: 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, pp. 1535.

10. Jain, A., Murty, M. and Flynn, P., (1999) Data clustering: A review. ACM Computing Surveys, vol. 31, no. 3. NY, USA. pp. 264–323.

11. Lance, G.N. and Willams, W.T. (1967), A general theory of classificatory sorting strategies. 1. Hierarchical systems. Comp. J., no. 9, pp. 373–380.

Поступила в редакцию: 02.02.2017

Сведения об авторах

About the authors

Серга Эдуард Николаевич

кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии Одесского государственного экологического университета; 65016, Украина, Одесса, ул. Львовская, 15;

Eduard N. Serga

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Meteorology and Climatology, Odessa State Environmental University; 15, Lvovskaya, Str., Odessa, 65016, Ukraine;

e-mail: serga_ed@ukr.net

Серга Инга Николаевна

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей и прикладной математики Одесского государственного экологического университета; 65016, Украина, Одесса, ул. Львовская, 15;

Inga N. Serga

Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Higher and Applied Mathematics, Odessa State Environmental University; 15, Lvovskaya, Str., Odessa, 65016, Ukraine;

e-mail: s_inga1968@ukr.net

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Серга Э.Н., Серга И.Н. Особенности распределения однородных зон в полях гидрометеорологических характеристик над Северной Атлантикой в холодный период года // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №3(42). С. 77–87. doi 10.17072/2079-7877-2017-3-77-87

Please cite this article in English as:

Serga E.N., Serga I.N. Features of homogeneous domains distribution in fields of hydrometeorological characteristics over the Northern Atlantic in the cold period // Geographical bulletin. 2017. № 3(42). P. 77–87. doi 10.17072/2079-7877-2017-3-77-87