

УДК 551.58

Э.Н. Серга¹

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОДНОРОДНЫХ ЗОН В ПОЛЯХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАД СЕВЕРОТИХООКЕАНСКИМ РЕГИОНОМ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Предлагаются схемы районирования полей температуры воздуха и массовой доли водяного пара на поверхности 850 гПА над северной частью Тихого океана, выполненного с помощью универсального итерационного метода кластеризации данных, приведены физический и статистический анализы полученных схем кластеризации, имеющие хорошее научное обоснование, показано, что общая структура определенных однородных зон имеет широтную направленность, нарушаемую в восточной области Северной Пацифики и связанную с разделительной линией вода–суша. 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.

Введение. Исследование различных проявлений средних температур в виде среднесуточных, среднемесячных, среднегодовых значений, а также 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) [Stocker et al., 2013] особое внимание уделяется температуре воздуха, как фактору изменения глобального климата. Здесь же говорится о потеплении вод Мирового океана, как о доминирующем факторе 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.

Энергетическое взаимодействие между океаном и атмосферой во временном масштабе, сравнимом с сезонным, обладает важной особенностью. Оно заключается в наличии амплитудно-фазовых различий характеристик теплоемкости атмосферы и океана. Исследования показали, что наблюдается опережение в годовом ходе термических и влажностных характеристик океана такими же характеристиками атмосферы. Запаздывание по фазе температуры воды относительно температуры воздуха составляет в среднем по Мировому океану 25–30 суток [Лаппо с соавт., 1990]. Это должно приводить к сезонным потокам, имеющим направление от атмосферы к океану. Однако, поскольку в холодный сезон $T_B > T$ и $E_0 > e_z$, (T_B , T – соответственно температура воды и воздуха; E_0 , e_z – парциальное давление насыщения и фактическое) этот поток, как известно [Лаппо с соавт., 1990], является, по существу, «потоком холода» из атмосферы в океан. Ему

соответствует поток тепла в обратном направлении. Термин «поток холода» характеризует физику процесса сезонного теплообмена, где активную роль играет атмосфера.

Обмен теплом и импульсом между атмосферой и океаном в большой мере определяет степень приспособления циркуляции воздушных масс к характеристикам океанической поверхности. Лаппо с соавт. [1990] в качестве меры приспособления рассматривают взаимное расположение относительно друг друга 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. Когда вектор приземного ветра коллинеарен с направлением течения, характеристики воздуха быстро приспособляются к свойствам поверхности воды, и даже при значительных скоростях ветра не создается условий для появления аномально высоких значений потоков тепла.

Наоборот, если воздушная масса перемещается перпендикулярно к фронту, в непосредственной близости от него образуются большие вертикальные градиенты метеорологических величин в приземном 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.

¹ Одесский государственный экологический университет, кафедра метеорологии и климатологии, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: serga_ed@mail.ru

Для исследования горизонтального распределения гидрометеорологических характеристик, как правило, применяются методы статистического анализа, в том числе 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 ее интенсивности в полях рассматриваемых гидрометеорологических характеристик. Кроме того, существенно упрощается задача построения выборки предикторов, в качестве которых могут использоваться значения репрезентативных векторов, уменьшаются 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 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 части Тихого океана как аналогов энергоактивных зон.

Поверхность 850 гПа является в некотором смысле переходной, так как на формирование гидрометеорологических характеристик на этом уровне влияют процессы взаимодействия подстилающей поверхности с приземным слоем воздуха и, в то же время, процессы в средней тропосфере.

Размеры и конфигурация, особенности связей с другими частями Мирового океана, а также окружающих участков суши и связанные с этим направления циркуляционных процессов в атмосфере создали ряд особенностей Тихого океана: средние годовые и сезонные температуры его поверхностных вод выше, чем в других океанах; часть океана, расположенная в Северном полушарии, в целом значительно теплее южной, но в обоих полушариях за-

падная часть теплее и получает больше осадков, чем восточная.

На большей части акватории Тихого океана к северу от экватора преобладают высокие температуры поверхностных вод. Этому способствует большая ширина океана в межтропическом пространстве, а также система течений, выносящих теплые воды Северного пассатного течения на север вдоль берегов Евразии и островной зоны.

Системы ветров, водообмен, особенности рельефа дна океана, положение континентов и очертания их берегов влияют на формирование поверхностных течений океана, а те, в свою очередь, определяют многие особенности гидрологического режима.

В высоких широтах в Северном полушарии господствующим атмосферным процессом является западный перенос, но из-за того, что эта часть Тихого океана с севера, запада и востока замкнута суши, зимой там складывается несколько иная метеорологическая ситуация, чем в Южном полушарии. С западным переносом на океан поступает холодный и сухой континентальный воздух со стороны Евразии. Он вовлекается в замкнутую систему Алеутского минимума, формирующегося над северной частью Тихого океана, трансформируется и юго-западными ветрами выносится к берегам Северной Америки, оставляя обильные осадки в прибрежной зоне и на склонах Кордильер Аляски и Канады.

Подобные процессы предполагают наличие неоднородностей в полях различных гидрометеорологических характеристик северной части Тихого океана. Одним из методов их исследования является кластерный анализ.

Материал и методы исследований. Кластерный анализ является одним из методов многомерного статистического анализа. Большое достоинство кластерного анализа в том, что он делает возможным производить разбиение объектов не по одному параметру, а по целому набору признаков. Кроме того, этот метод в отличие от многих других математико-статистических методов, не накладывает никаких ограничений на вид исследуемых объектов и работает с множеством исходных данных практически произвольной природы [Lance et al., 1967]. Кластерный анализ позволяет рассматривать значительный объем информации и резко сокращать, сжимать большие массивы различных данных, делать их компактными и наглядными. Важное значение он имеет применительно к совокупностям временных рядов, характеризующих физические процессы. Здесь можно выделять периоды, когда значения соответствующих показателей были достаточно близкими, а также определять группы временных рядов, динамика которых наиболее схожа [Jain et al., 1999].

Существует большое количество литературных источников, где подробно описаны различные методы проведения кластерного анализа [Кулаичев, 2006; Лагутин, 2003; Jain et al., 1999; Lance et al., 1967]. Однако идеального алгоритма не существует и потенциально не может существовать [Мандель, 1988].

В разработанном Универсальном итерационном методе кластеризации данных (УИМКД), выбран иной подход к критериям кластеризации [Серга, 2013]. По сравнению с общепринятыми критериями в климатологии и гидрометеорологии [например, Кобышева, 1978], акцент в УИМКД поставлен на выявлении неоднородности кластеров с помощью известных параметрических и непараметрических критериев: евклидоваго расстояния, критерия Фишера, критерия (статистики) Крамера-Уэлча и статистики типа критерия омега-квадрат (Лемана-Розеблатта). Применение их в математической статистике к независимым непрерывным случайным величинам с неизвестными законами распределения является наиболее аргументированным. Кроме того, применен новый подход к формированию внутренних критериев, определяющих начальные параметры шага (в виде использования ранжированной матрицы евклидовых расстояний) и номер оптимального шага. Это позволяет при работе алгоритма получить более объективный результат без участия исследователя. В качестве исходной информации выступает матрица $X = (x_{ij})_{m \times n}$, содержащая m векторов-строк мерности n , характеризующая статистические ряды объемом n в m пунктах, которые и должны быть кластеризованы. В априорной информации, в отличие от других методов, исследователю предоставляется возможность (по желанию) задавать минимальное количество векторов (по умолчанию 2), которые могут составить кластер.

В качестве объекта для исследования методом кластеризации УИМКД были взяты поля среднемесячных температур воздуха и массовой доли водяного пара (данные ре-анализа ERA-40 [Служба данных ECMWF ERA-40]), заданные в узлах регулярной сетки точек $2,5 \times 2,5$ в секторе, ограниченном по широте от 20° до 70° северной широты и по меридиану от 160° восточной долготы до 120° западной долготы, для осенне-зимних месяцев (ноябрь, декабрь, январь, февраль) периода с 1957 по 2003 гг. Именно в эти месяцы 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 указанными изобарическими поверхностями понижается, соответственно, уменьшается нижняя граница изобарических поверхностей, усиливается роль турбулентности в энергообмене нижних и средних слоев атмосферы. Это приводит к увеличению неоднородности в распределениях гидрометеорологических характеристик в указанных слоях атмосферы.

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 уровне 850 гПа приведены на рисунках 1–4. Определенные алгоритмом кластеры отображены на рисунках различными буквенными обозначениями латиницы.

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

Общая структура определенных однородных зон температуры воздуха (рис. 1) имеет широтную направленность, нарушаемую в восточной области северной части Тихого океана и связанную с разделительной линией вода–суша.

На картах-схемах прослеживается не только смена с широтного направления на меридиональное, но и проявление кластеров, имеющих вид крупномасштабных очагов (рис. 1, а – кластеры Н, I, рис. 1, б – D, F, I, K). Необходимо отметить, что количество этих очагов возрастает по мере усиления влияния процессов, соответствующих зимнему периоду. В частности, взаимодействие открытой водной поверхности с поступающим с территории суши холодным воздухом приводит к интенсификации потоков скрытого и явного тепла. В результате усиливающегося турбулентного тепло- и влагообмена увеличивается влияние неоднородностей в распределении температуры приповерхностного слоя воздуха [Серга с соавт., 2014] на формирование полей температуры в нижней атмосфере.

При сопоставлении результатов, отображенных на рисунках, с кластеризацией температуры воздуха на высоте 2 м и температурой поверхности за такой же период, выполненной ранее [Серга с соавт., 2014], где кластеры строго разделены – над сушей и над водой, на уровне 850 гПа, особенно в зимние месяцы, наблюдаются однородные однородные зоны, прослеживаемые над обеими поверхностями, (рис. 1, а – кластеры С, Е, Н, I, рис. 1, б – В, D, F, I). Связано это, как уже указывалось выше, с влиянием на формирование температуры свободной атмосферы, а именно с ослаблением влияния относительно сильно турбулизованного пограничного слоя и преобладанием горизонтального перемешивания.

Среди кластеров, располагающихся над сушей, во все месяцы рассматриваемого периода отчетливо проявляется самостоятельный кластер в северной части Североамериканского континента (севернее 50° с. ш.) (рис. 1, а – кластер – D, рис. 1, б – С), имеющий максимальную дисперсию (табл.).

Эта однородная зона находится на пути перемещения внетропических циклонов, которые образуются в западной и северо-западных частях Северной Пацифики [Атлас океанов, 1974]. Различные интенсивность и количество барических образований, меняющиеся в течение месяца из года в год, создают предпосылки для значительной межгодовой изменчивости температуры.

Межгодовые внутрикластерные дисперсии (МВкД) и средние значения (СЗ) компонент репрезентативных векторов в кластерах температуры воздуха и в кластерах массовой доли водяного пара на поверхности 850 гПа в северной части Тихого океана (ноябрь, февраль)

№ п/п	Обозначение кластеров	МВкД		СЗ		№ п/п	Обозначение кластеров	МВкД		СЗ	
		ноябрь	февраль	ноябрь	февраль			ноябрь	февраль	ноябрь	февраль
В кластерах температуры воздуха (К)											
1	A	8,1	7,0	258,9	253,9	9	I	1,9	3,3	279,8	276,9
2	B	6,9	6,2	256,3	257,8	10	J	1,4	1,5	277,4	275,5
3	C	2,7	10,1	261,7	261,9	11	K	0,4	3,0	282,0	280,5
4	D	8,1	2,4	263,7	269,6	12	L	0,3	1,6	285,1	278,8
5	E	0,7	1,1	269,5	264,4	13	M	0,2	1,1	287,8	282,0
6	F	1,3	2,2	266,7	273,8	14	N	–	0,9	–	283,9
7	G	0,7	1,5	272,5	268,2	15	O	–	0,6	–	285,8
8	H	1,1	1,5	275,6	271,7	–	–	–	–	–	–
В кластерах массовой доли водяного пара (кг/кг) (МВкД $\times 10^{-8}$, СЗ $\times 10^{-3}$)											
1	A	3,0	3,0	1,0	0,8	7	G	9,9	2,7	5,2	1,7
2	B	4,0	5,1	1,4	1,1	8	H	8,1	7,6	6,9	4,3
3	C	13,6	9,7	1,8	1,5	9	I	53,6	14,0	3,4	5,8
4	D	3,6	11,9	2,1	2,1	10	J	39,0	28,3	4,8	5,1
5	E	2,8	4,6	2,7	2,4	11	K	10,0	51,4	8,8	3,9
6	F	2,2	4,9	3,7	3,2	12	L	–	18,1	–	7,3

Циркуляционный режим северной части Тихого океана формируется под влиянием двух центров действия атмосферы: северного субполярного циклонического (Алеутская депрессия) и северного субтропического антициклонического (Гонолульский максимум). Естественно предположить, что территориальное распределение среднемесячной температуры воздуха должно быть хорошо согласовано с климатическим барическим полем над северной частью Тихого океана, в том числе и с траекториями перемещения барических образований. Именно эти факты достаточно хорошо проявляются в настоящем исследовании: области влияния Алеутского минимума (севернее кластеров: J, H (рис. 1, а), L (рис. 1, б)) и Гонолульского максимума (южнее указанных кластеров) разграничиваются линией конвергенции, простирающейся с запада на восток в районе 30–40° с. ш., и переходящей в зону положительной горизонтальной дивергенции (кластеры H, I, K (рис. 1, а), I, K, N (рис. 1, б)).

Как показывают исследования процессов, формирующих погодные условия над северной частью Тихого океана, интенсивность Алеутской депрессии в зимний период является наибольшей, а Гонолульский максимум, наоборот, ослабевает. Этот факт находит отражение и в проведенной нами кластеризации: начиная с декабря, четко проявляется увеличение области распространения Алеутского минимума в виде смещения линии раздела между глобальными центрами в низкие широты.

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 (своеобразная нулевая изотерма) выражается в кластерах, располагающихся в пределах 35–45° широты (рис. 1, а – кластеры H, G, рис. 1, б – J, I, F, H). В диапазоне этих широт также находится линия раздела между зонами действия Алеутского минимума и Гонолульского максимума. Максимальные межгодовые внутрикластерные дисперсии значений температуры относятся к кластерам, располагающимся над сушей и над скованной льдом морской поверхностью. В районе открытой океанской поверхности дисперсии относительно незначительные, что свидетельствует о малой временной изменчивости процессов (потоков скрытого и явного тепла), формирующих поля температуры.

Кластеризация массовой доли водяного пара на поверхности 850 гПа (рис. 2), в целом, хорошо согласуется с кластеризацией температуры на этой поверхности. Особенно это проявляется во временной стабильности, которая присутствует в очертах и местоположении однородных зон обеих характеристик в северной части рассматриваемой территории (севернее широты 50°, в том числе район расположения центров Алеутского минимума), а также проявляется в соответствующих им статис-

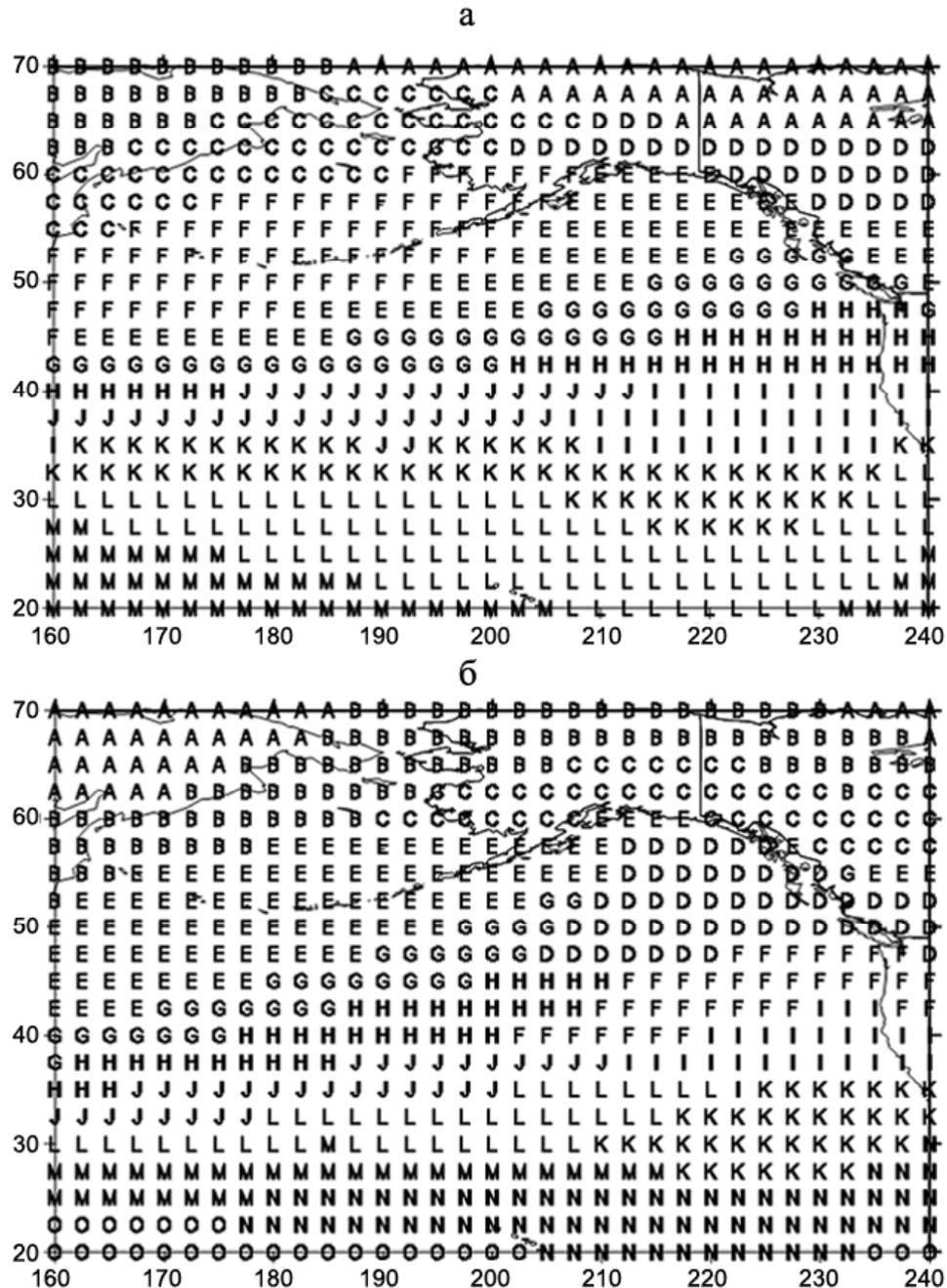


Рис. 1. Карта распределения кластеров среднемесячных значений температуры воздуха на поверхности 850 гПа в северной части Тихого океана (а – ноябрь, б – февраль)

Fig. 1. Map of the clusters of monthly air temperature values at the 850 mb surface in the North Pacific (а – November, б – February)

тических показателях (табл.). Однако распределение массовой доли водяного пара имеет некоторые свои особенности.

Во-первых, сравнительно меньшее проявление самостоятельных очагов, которые имеют место только в юго-восточной части (рис. 2, а – кластеры I, J, рис. 2, б – K, J), находящейся под действием ослабленного Гонолульского максимума.

Во вторых, наличие изменения направленности глобальных однородных зон с широтного на меридиональное у западных берегов Северной Америки (например, рис. 2, а – кластер F, рис. 2, б – F), про-

является в формировании четко выраженного гребня в поле значений и более выразительно подчеркивает линию положительной дивергенции между зонами влияния двух квазистационарных атмосферных центров действия. Стоит отметить, что эта линия раздела (конвергенция – положительная дивергенция) проходит севернее 40° широты в отличие от наблюдаемой на рис. 1.

Кроме того, во все рассматриваемые месяцы в полях массовой доли водяного пара и температуры на поверхности 850 гПа хорошо проявляются кластеры циклональной и антициклональной цирку-

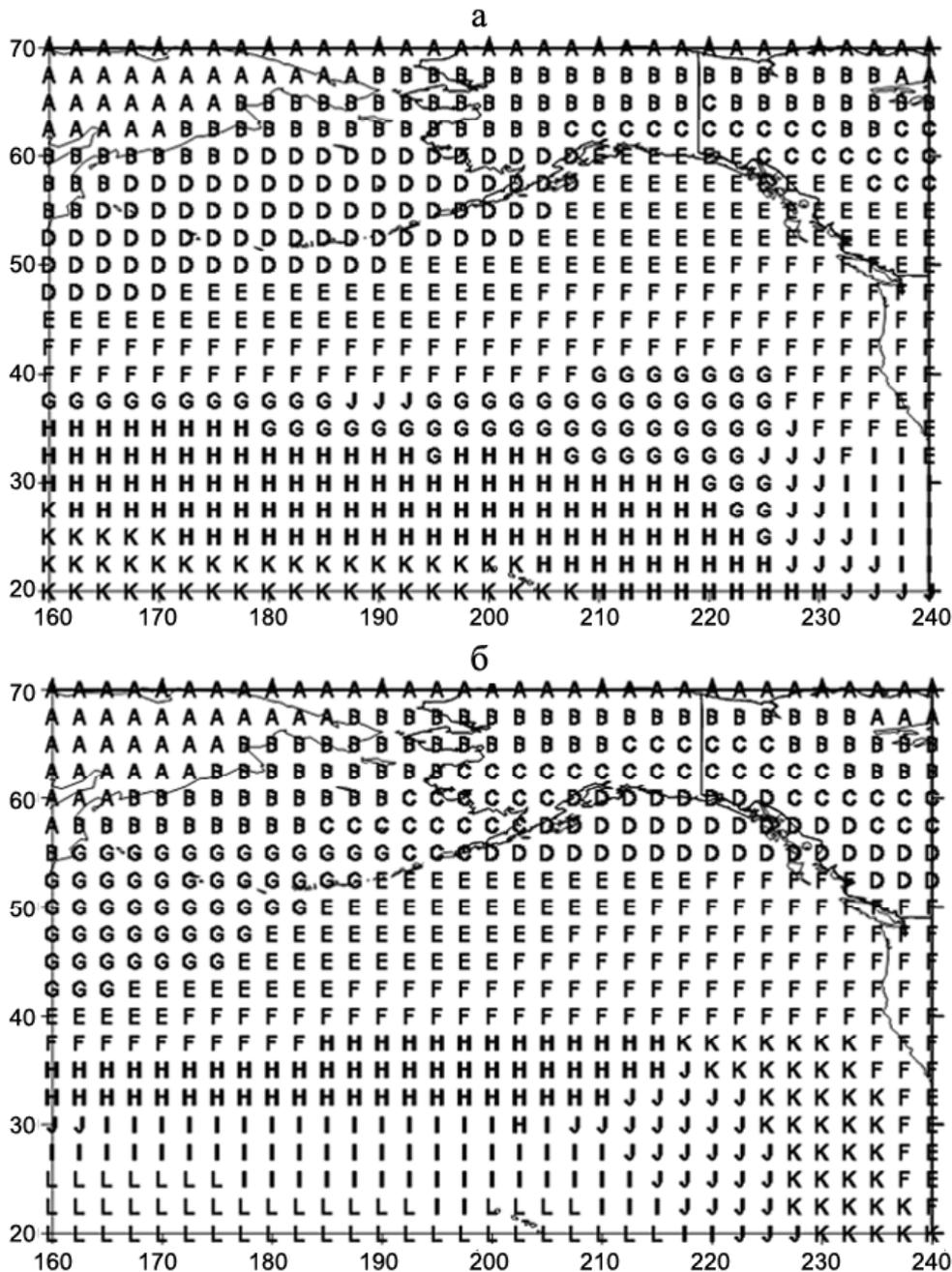


Рис. 2. Карта распределения кластеров среднемесячных значений массовой доли водяного пара на поверхности 850 гПа в северной части Тихого океана (а – ноябрь, б – февраль)

Fig. 2. Map of the clusters of monthly specific humidity values at the 850 mb surface in the North Pacific (a – November, б – February)

ляции вод северной части Тихого океана: северного субтропического антициклонального кругооборота, определяемого такими течениями, как Северное пассатное (рис. 1, а – кластер М, рис. 1, б – О, рис. 2, а – кластер К, рис. 2, б – L), Северо-Тихоокеанское (рис. 1, а – кластеры G, H, J, рис. 1, б – H, F, J, рис. 2, а – кластеры F, G, рис. 2, б – F, H), Калифорнийское (рис. 1, а – кластеры I, L, рис. 1, б – I, K, N, рис. 2, а – J, I, рис. 2, б – K, J) и субполярного циклонического кругооборота – Алеутское (рис. 1, а – кластеры F, E, рис. 1, б – E, G, рис. 2, а – кластеры D, E, рис. 2, б – G, E), представляющее собой север-

ную ветвь Северо-Тихоокеанского течения, Аляскинское (рис. 1, а – нет четкой выраженности и входит в кластер E, рис. 1, б – D, рис. 2, а – нет четкой выраженности и входит в кластер E, рис. 2, б – D), огибающее Аляскинский залив против часовой стрелки, Камчатское (рис. 1, а – кластер C, рис. 1, б – B, рис. 2, а – B, рис. 2, б – B) и Курильское холодные течения [Атлас океанов, 1974].

В-третьих, самостоятельный кластер, отчетливо проявляющийся в распределении температуры над северной частью Североамериканского континента, также присутствует в распределениях мас-

совой доли водяного пара, но уже в виде системы из двух зон, имеющих максимальные межгодовые дисперсии среди кластеров, находящихся над сушей (рис. 2, а – кластер С, рис. 2, б – С, D).

Средние значения репрезентативных векторов кластеров массовой доли водяного пара (табл.) с максимумами в южной части рассматриваемой территории Тихого океана имеют такой же, как и у температуры воздуха, меридионально направленный градиент.

Только в юго-западной области присутствует нарушение широтного распределения максимальных средних значений, то есть наблюдается некоторое их уменьшение (рис. 2, а – кластеры J, I, рис. 2, б – K, J). Этим кластерам, имеющим очаговый характер, соответствуют максимальные межгодовые дисперсии. Известно, что тропические циклоны образуются в Тихом океане – к востоку от Филиппинских островов и в южной части Южно-Китайского моря, в основном, с мая по ноябрь, а также к западу от Калифорнии и Мексики с июня по октябрь. Из этого следует, что в зимний период, процессы, приводящие к зарождению этих локальных барических образований и поддерживающие их существование источники (в частности – скрытая теплота конденсации) менее интенсивны. Указанные выше кластеры соответствуют району расположения этих источников, что подтверждается не только географическими координатами, но и приведенными статистическими характеристиками (табл.). Кроме того, в этом районе наблюдаются пониженные значения турбулентного теплообмена между поверхностью океана и атмосферой [Атлас океанов, 1974].

Выводы:

– все приведенные особенности распределения кластеров рассмотренных параметров атмос-

феры на уровне 850 гПа и их структуры в северной части Тихого океана имеют хорошее физическое обоснование, подтвержденное рассчитанными значениями статистических характеристик. Объективность полученных результатов в совокупности с преимуществами используемого алгоритма (отсутствием предварительных условий, автоматическим определением оптимального количества кластеров, согласованностью критериев определения независимости) подтверждают возможность применения УИМКД при проведении исследований с использованием гидрометеорологических данных;

– сравнение приведенных результатов исследования показывает, что полученные однородные регионы в среднемесячных полях 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. [Атлас океанов, 1974];

– анализ изменчивости границ однородных зон в полях температуры и массовой доли водяного пара на уровне 850 гПа, а также соответствующих им статистических показателей (средних значений, межгодовых дисперсий, среднеквадратических отклонений), полученных в результате проведенной кластеризации, на протяжении последующих временных интервалов позволит судить об особенностях проявления изменения климата и его интенсивности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас океанов. Тихий океан / Под ред. С.Г. Горшкова. Л.: Изд-во ГУНИО, 1974.
 Кобышева Н.В., Г.Я. Наровлянский. Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 295 с.
 Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. М.: ИНФРА-М, 2006. 276 с.
 Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика. М.: П-центр, 2003. 347 с.
 Лаппо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан–атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 335 с.
 Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и Статистика, 1988. 339 с.
 Серга Э.Н. Универсальный итерационный метод кластеризации данных // Украинський гідрометеорологічний журнал. 2013. № 12. С. 112–123.
 Серга Э.Н., Рубан И.Г., Рудич О.С. Климатическое районирование полей среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана в зимний период //

Вісник Одеського держ. екологічного ун-ту. 2014. № 17. С. 157–172.
 Серга Э.Н., Сущенко А.И. Климатическое районирование полей среднемесячной температуры воздуха в северной части Тихого океана в зимний период // Український гідрометеорологічний журнал. 2014. № 14. С. 53–67.
 Служба данных ECMWF ERA-40 [Электронный ресурс]. Режим доступа к журналу. <http://www.ecmwf.int/products/data>.
 Jain A., Murty M., Flynn P. Data clustering: A review // ACM Computing Surveys. 1999. V. 31. № 3. P. 264–323.
 Lance G.N., Willams W.T. A general theory of classification sorting strategies. 1. Hierarchical systems // Comp. J. 1967. № 9. P. 373–380.
 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. 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, 2013. 1535 p.

Поступила в редакцию 20.07.2016
 Принята к публикации 13.09.2017

E.N. Serga¹

**DISTRIBUTION OF HOMOGENEOUS DOMAINS IN THE FIELDS
OF HYDROMETEOROLOGICAL PARAMETERS OVER
THE NORTH PACIFIC OCEAN DURING COLD PERIOD OF THE YEAR**

Schemes of regionalization of air temperature and specific humidity fields at the 850 mb surface over the North Pacific Ocean, elaborated with the Omnibus Iteration Technique of data clusterization, are suggested. Scientifically well-grounded physical and statistical analyses of the clustering schemes are given. It is shown that except the Eastern North Pacific the general structure of certain homogeneous districts is latitudinal because of «water-land» dividing line. General features and differences in distribution of air temperature and specific humidity fields are determined.

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

REFERENCES

- Gorshkov S.G.* (Ed.) Atlas okeanov. Tihiy okean [Atlas of the Oceans. Pacific Ocean]. Leningrad: GANIO Publ., 1974 (in Russian).
- Jain A., Murty M., Flynn P.* Data clustering: A review // ACM Computing Surveys. 1999. V. 31. № 3. P. 264–323.
- Kobysheva N.V., Narovlyanskij G.Ya.* Klimatologicheskaya obrabotka meteorologicheskoy informacii [Climatological processing of meteorological information]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1978. 295 p. (in Russian).
- Kulaichev A.P.* Metody i sredstva kompleksnogo analiza dannyh [Methods and means for complex data analysis]. M.: INFRA-M, 2006. 276 p. (in Russian).
- Lagutin M.B.* Naglyadnaya matematicheskaya statistika [Pictorial mathematical statistics]. M.: P-centr, 2003. 347 p. (in Russian).
- Lance G.N., Willams W.T.* A general theory of classification sorting strategies. 1. Hierarchical systems // Comp. J. 1967. № 9. P. 373–380.
- Lappo S.S., Gulev S.K., Rozhdestvenskiy A.E.* Krupnomasshtabnoe teplovoe vzaimodejstvie v sisteme okean-atmosfera i energoaktivnye oblasti Mirovogo okeana [Large-scale thermal interaction in the ocean-atmosphere system and the energy active areas of the World Ocean]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990. 335 p. (in Russian).
- Mandel' I.D.* Klasternyj analiz [Cluster analysis]. M.: Finansy i statistika, 1988. 339 p. (in Russian).
- Serga E.N., Suschenko A.I.* Klimaticheskoe rajonirovanie polej srednemesyachnoj temperatury vozduha v severnoj chasti Tihogo okeana v zimnij period [Climate zoning of monthly air temperature fields in the North Pacific during winter] // Ukrainian hydrometeorological // J. 2014. № 14. P. 53–67 (in Russian).
- Serga E.N.* Universal'nyi iteratsionnyj metod klasterizatsii dannyh [The universal iterative method of data clusterization] Ukrainian hydrometeorological // J. 2013. № 13. P. 112–123 (in Russian).
- Serga E.N., Ruban I.G., Rudich O.S.* Klimaticheskoe rajonirovanie polej srednemesyachnoj temperatury podstilayushhej poverhnosti v severnoj chasti Tihogo okeana v zimnij period [Climate zoning of monthly surface temperature fields in the North Pacific during winter] // Vistnyk Odes'kogo derzhavnogo ekologichnogo universytetu, 2014. № 17. P. 157–172 (in Russian).
- Sluzhba dannykh ECMWF ERA-40. [Data Service ESMWF ERA-40]. Available at: <http://www.ecmwf.int/products/data>.
- 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. 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, 2013. 1535 p.

Received 20.07.2016

Accepted 13.09.2017

¹ Odessa State Environmental University, Department of Meteorology and Climatology, Associate Professor, Ph.D. in Geography; e-mail: serga_ed@mail.ru