

КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПОЛЕЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Предлагается вариант районирования полей среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана, выполненного с помощью Универсального итерационного метода кластеризации данных. Приведен физический и статистический анализ полученных схем кластеризации, имеющий хорошее научное обоснование. Показано, что распределение среднемесячной температуры имеет в основном зональный характер, с меридиональными отклонениями в районе береговой черты Североамериканского континента.

Ключевые слова: среднемесячная температура поверхности, кластер, критерий, внутривкластерная дисперсия, евклидово расстояние.

Введение. Температура поверхности вод Мирового океана, в том числе и Тихого океана, как самого большого, изучена наиболее полно, в сравнении с другими характеристиками воды. Это объясняется более ранним началом проведения исследований и, соответственно, большим количеством данных о ней. Большое количество научных работ посвящено изучению свойств температуры воды, её аномалиям, связи с другими характеристиками, обуславливающими и отражающими взаимодействие атмосферы и океана [1-5], что позволяет судить о достаточной важности данной характеристики состояния океана. Необходимо так же отметить, что сведения о температуре поверхности океана широко применяются при определении характера изменений свойств приповерхностного слоя атмосферы над океаном, положения океанических и атмосферных фронтов, характера теплообмена, волнения и т.д. Результаты анализа полей температуры поверхности океана применяются для расчета распределения поверхностных течений, возможных изменений их направлений. Также обязательным является использование результатов анализа (прогноза) температуры поверхности океана для построения физически обоснованных количественных моделей обратной связи. Температура поверхности океана используется как основной исходный параметр при прогнозировании образования льдов в высоких широтах, тесно связана с термической структурой водной толщи океана (которая, в свою очередь, определяет условия распространения звука в воде), и поэтому при прогнозировании последней сведения о температуре поверхности используются в качестве входных данных.

Следует отметить, что применение методов статистического анализа, в том числе и многомерного статистического анализа (например, факторного, кластерного и т.д.) позволяет 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 (часто используется при формировании входных условий при моделировании), выявить границы распределения характеристики в общей пространственной совокупности и т.д.

Однако, все указанные положительные стороны предлагаемого подхода к изучению полей температуры поверхности океана, 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.

Целью нашего исследования является попытка получить максимально приближенное к объективному районирование полей температуры поверхности Северной части Тихого океана в зимний период, что должно, с нашей точки зрения,

найти выражение в соответствии выделенных относительно независимых температурных зон построенным среднемесячным картам основных характеристик, отражающих свойства поверхности Тихого океана и которые основаны, главным образом, на данных непосредственных измерений, в том числе и океанографических экспедиций [6,7].

Материалы и методы исследований. В качестве метода для кластеризации нами был использован Универсальный итерационный метод кластеризации данных (УИМКД) [8]. С нашей точки зрения, именно этот метод, созданный при разработке подхода к формированию исходных данных при решении физико-статистических задач, в том числе моделированию, наиболее подходит для осуществления климатического районирования полей гидрометеорологических величин. К тому же существует необходимость дальнейшей апробации данного, достаточно нового метода. Как было показано в [1], температура поверхности океана обладает большой инерционностью и хорошо исследована, согласно этому районирование с помощью УИМКД может достаточно точно определить объективность данной кластеризации.

В УИМКД акцент поставлен на выявлении неоднородности кластеров, с помощью известных параметрических и непараметрических критериев Фишера, Крамера-Уэлча (при равенстве объёмов двух независимых выборок, он полностью совпадает с критерием Стьюдента для средних) и Лемана-Розенблатта, применение которых в математической статистике к независимым непрерывным случайным величинам с неизвестными законами распределения является наиболее аргументированным [9-13].

Прежде чем приступить к краткому обзору алгоритма УИМКД и вышеупомянутых критериев, необходимо отметить, что гидрометеорологические величины в большинстве случаев не подчиняются нормальному закону распределения, и являются независимыми непрерывными случайными величинами.

Применяемые в УИМКД критерии Фишера и Крамера-Уэлча (критерий Стьюдента) достаточно хорошо рассмотрены в [14,15]. Поэтому приведём лишь конечные формулы их определяющие:

$$\text{а) критерий Фишера: } F = \frac{S_x^2}{S_y^2};$$

$$\text{б) критерий (статистика) Крамера-Уэлча: } T = \frac{\sqrt{mn}(\bar{x} - \bar{y})}{\sqrt{nS_x^2 + mS_y^2}},$$

где S_x^2 - несмещённая оценка дисперсии случайной величины x , S_y^2 - несмещённая оценка дисперсии случайной величины y , \bar{x} и \bar{y} - средние значения случайных величин x , y , m и n - объёмы случайных выборок x и y .

Однако, неотклонение проверяемых гипотез о равенстве средних и (или) равенстве дисперсий еще не говорит о принадлежности выборок одной и той же генеральной совокупности. Это свидетельствует лишь о возможном равенстве числовых характеристик, но не законов распределения. Поэтому, в нашем случае, для проявления наиболее полной независимости данных, формирующих тот или иной кластер (проверки однородности функций распределения), в используемом методе применён критерий Лемана-Розенблатта ω^2 [16], позволяющий проверить на однородность две выборки при неизвестных законах распределения входящих в них данных.

Статистика A представляется в виде [16]:

$$A = \omega^2 = \frac{1}{mn(m+n)} \left[m \sum_{i=1}^m (r_i - i)^2 + n \sum_{j=1}^n (s_j - j)^2 \right] - \frac{4mn-1}{6(m+n)},$$

где r_i - ранг x'_i и s_j - ранг y'_j в общем вариационном ряду, построенном по объединенной выборке.

Правила принятия решений при проверке гипотезы об однородности двух выборок с использованием статистики типа омега-квадрат (ω^2), на основе критических значений в зависимости от уровней значимости и объемов совокупностей случайных величин приведены в таблицах [17].

В самом же методе (УИМКД), 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 задается только минимальное количество векторов τ , которые могут составить кластер.

Итерационный процесс в алгоритме УИМКД состоит из ряда шагов. Мы приведём лишь первоначальные шаги, которые определяют дальнейший алгоритм метода:

1-й шаг: Рассчитывается квадратная матрица порядка m евклидовых расстояний между всеми векторами матрицы X

$$D = (D_{ij})_{m \times m}, \quad D_{ij} = \sqrt{\sum_{s=1}^n (x_{js} - x_{is})^2}. \quad (1)$$

Матрица D является симметрической. На главной диагонали этой матрицы располагаются нули.

2-й шаг: В каждой строке матрицы D производится ранжирование её элементов, т.е. её элементы располагаются в возрастающем порядке. В результате получим матрицу D^1 вида

$$D^1 = \begin{pmatrix} 0 & d_{12}^{(p)} & d_{13}^{(p)} & d_{14}^{(p)} & \dots & d_{1m}^{(p)} \\ 0 & d_{22}^{(p)} & d_{23}^{(p)} & d_{24}^{(p)} & \dots & d_{2m}^{(p)} \\ 0 & d_{32}^{(p)} & d_{33}^{(p)} & d_{34}^{(p)} & \dots & d_{3m}^{(p)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & d_{m2}^{(p)} & d_{m3}^{(p)} & d_{m4}^{(p)} & \dots & d_{mm}^{(p)} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

В ней производится перенумерация элементов каждой строки (p - номер столбца, в котором располагается элемент каждой строки матрицы (2) в матрице D ($p = \overline{1, m}$)).

Пусть, предположим, мы условились, что минимальное число векторов, которые могут составить кластер, равно τ . Тогда анализу подвергается блок матрицы (2), состоящий из первых $\tau = \vartheta$ столбцов (на первом этапе, например, $\vartheta = 3$).

3-й шаг: Производится сравнение евклидовых расстояний D_{lj} ($l, j = \overline{1, m}$) с евклидовыми расстояниями $d_{l3}^{(p)}$. Если $D_{lj} \leq d_{l3}^{(p)}$ ($l = \overline{1, m}$), то j -й вектор может

рассматриваться как потенциальный центр кластера, в который входит 1-й вектор (с учетом значения индекса p).

Дальнейшие шаги позволяют сформировать кластеры, проверить их на однородность, и в случае выявления полной независимости между ними, определить наиболее оптимальную схему кластеризации независимо от возможного субъективного выбора исследователя.

Объектом для нашего исследования были выбраны поля среднемесячной температуры подстилающей поверхности в районе северной части Тихого океана (данные ре-анализа ERA-40 [18]), заданные в узлах регулярной сетки точек $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ в секторе, ограниченном по широте от 20° до 70° северной широты и по меридиану от 160° восточной долготы до 120° западной долготы, за период с 1958 по 2002 годы, зимние месяцы (декабрь, январь, февраль). Таким образом, в каждом узле сетки был сформирован 45-ти мерный вектор среднемесячных значений температуры для указанных месяцев. Множество этих векторов и было представлено алгоритму УИМКД для разбиения полей температуры поверхности воды на однородные кластеры.

Выделенный район исследования представлен на рис.1, а результаты проведенной кластеризации - на рис.2-4. На них буквенными обозначениями латиницы выделены выявленные алгоритмом кластеры.

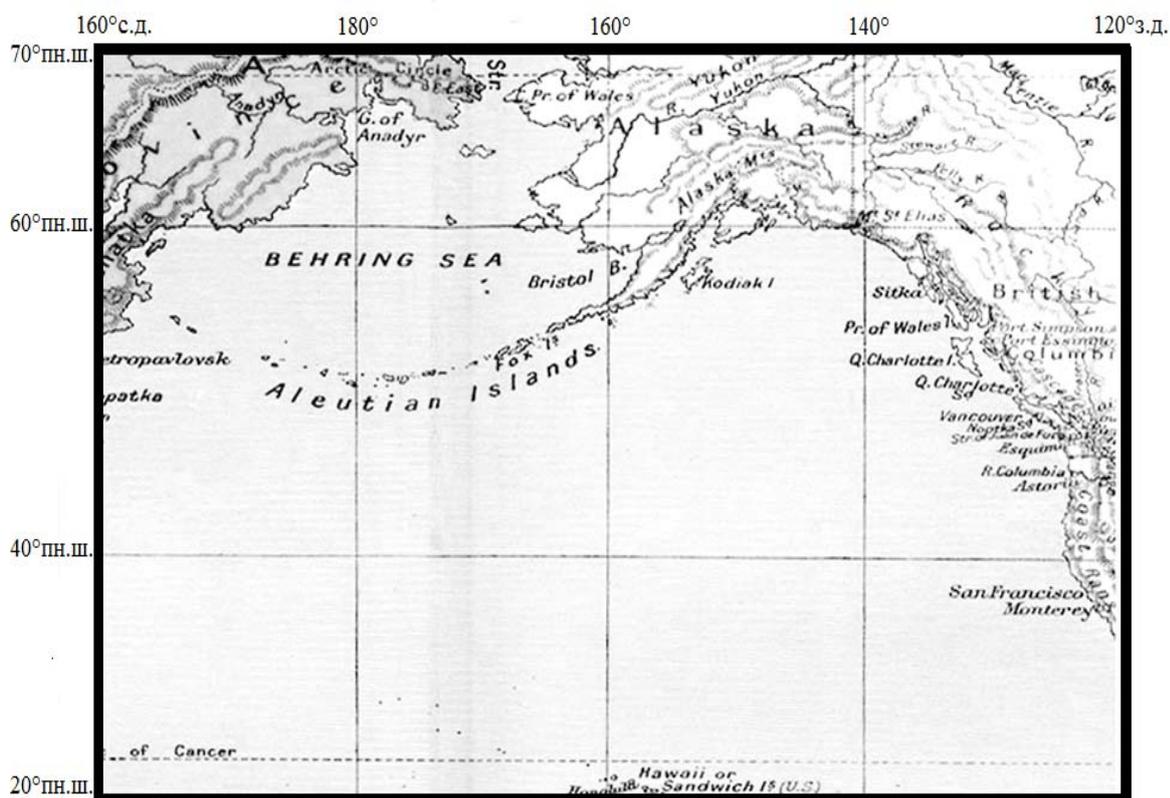


Рис. 1 – Сектор в северной части Тихого океана подлежащий исследованию

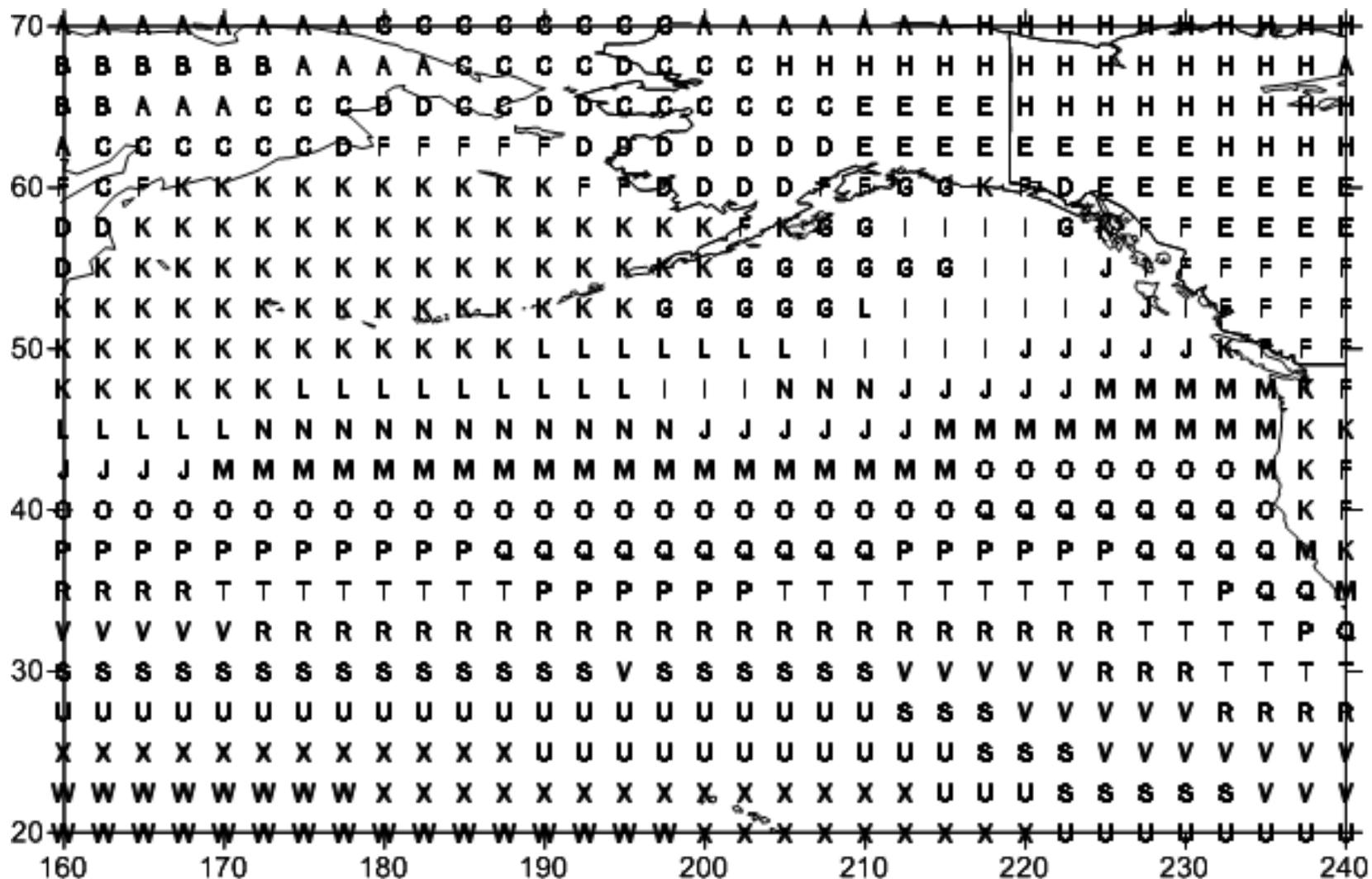


Рис. 2 - Карта распределения кластеров среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана (декабрь)

Климатическое районирование полей среднемесячной температуры подстилающей поверхности

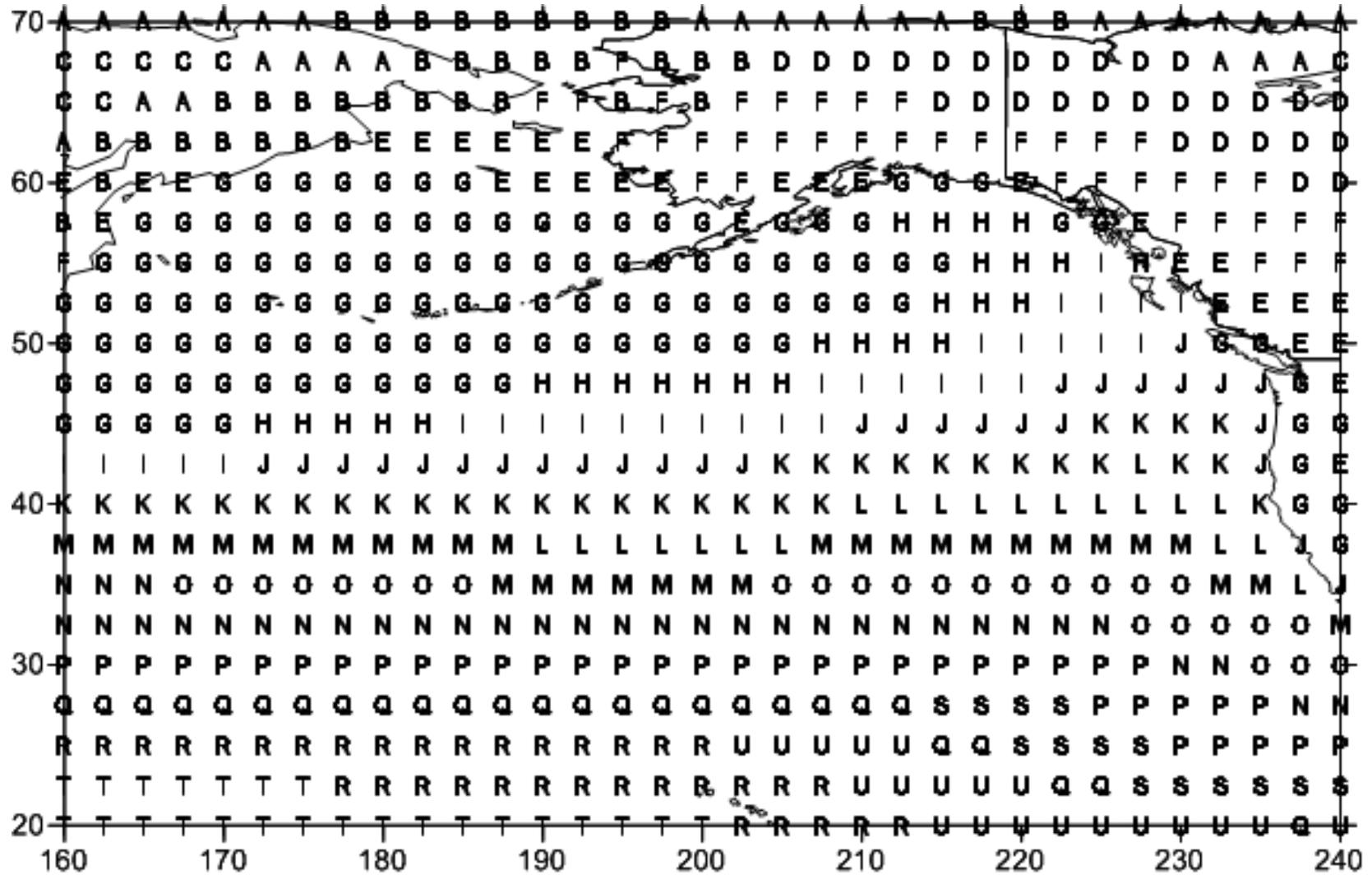


Рис. 3 - Карта распределения кластеров среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана (январь)

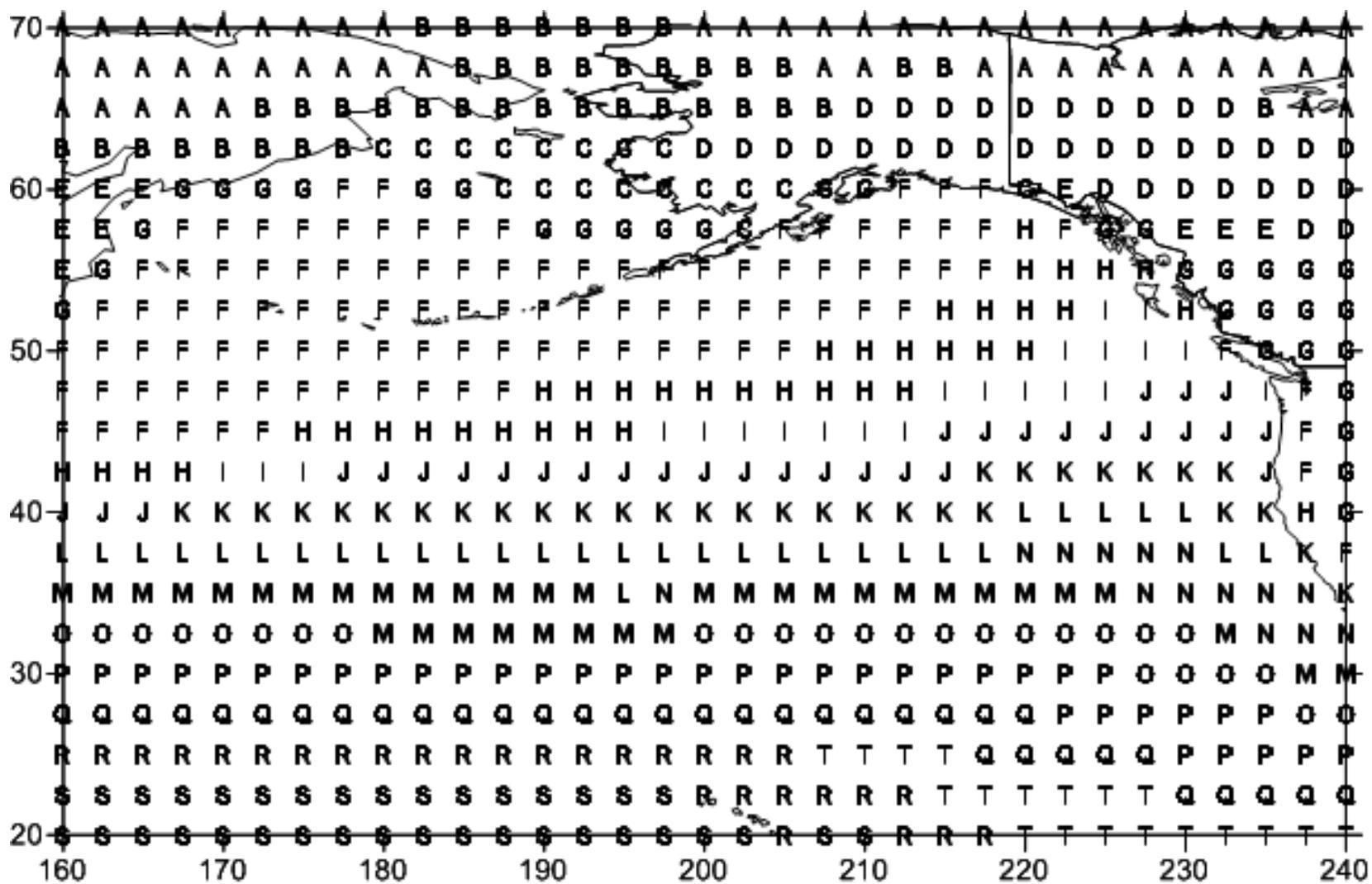


Рис. 4 - Карта распределения кластеров среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана (февраль)

Прежде, чем представить физико-статистический анализ полученных схем кластеризации, необходимо отметить, что зимний период в силу инерционных свойств океана, соответственно и для температуры его поверхностных вод, смещён на один месяц от общепринятого зимнего периода, то есть составляет январь, февраль, март, откуда можно предположить, что характеристики процессов в феврале, как центрального месяца, являются наиболее репрезентативными для зимы.

Известно, что наиболее важной закономерностью, определяющей не только термический режим поверхностных вод, но и оказывающей очень большое влияние на изменение температуры по вертикали, является характер изменения температуры воды на поверхности океана в зависимости от широты, который для северной части Тихого океана, также как и для Северной Атлантики, формируется под действием процессов, определяющих распределение поверхностной температуры воды с широтой (различное количество солнечной радиации, поглощаемое деятельным слоем океана и происходящих в нём процессов теплообмена, различные условия обмена с атмосферой теплом и количеством движения, таяние и образование льдов в районе Берингова моря) и имеет общую зональную направленность, нарушаемую, в основном, только в районе разделительной линии вода-суша.

С нашей точки зрения, в начале анализа целесообразно было бы указать, что так же как и для территории Северной Атлантики [8], во все рассматриваемые месяцы хорошо проявляются в поле температуры кластеры циклонической и антициклональной циркуляции вод океана. В пользу объективности проведенной кластеризации говорит и достаточно чёткое разделение в рассматриваемый период совокупности кластеров распределения температуры поверхностей суши (наличие льда) и океана (например, декабрь, для суши кластеры А, В, С, D, E, H, F (рис.2)).

На схематической карте каждого рассмотренного зимнего месяца проявляется крупнейший кластер (декабрь - кластер К, январь - кластер G, февраль - кластер F). Он достаточно чётко определяет расположение Берингова моря и прилегающей к нему территории. Основной климатический фон здесь формируется преимущественно циркуляционными факторами, т.е. морским циклоническим кругооборотом и переносом воздушных масс, а не радиационными составляющими, что и приводит к образованию однородной области.

Наибольшую акваторию северной части Тихого океана (от экватора к району 40°с.ш.) охватывает океанский северный субтропический антициклональный кругооборот, который, в нашем случае, можно проследить с помощью структурного расположения кластеров во все зимние месяцы (декабрь - O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, январь - M, N, O, P, Q, R, S, T, U, февраль - M, N, O, P, Q, R, S, T). Указанные кластеры хорошо связаны с прохождением таких течений как: Северо-Пассатное (декабрь - U, W, X, январь - R, T, U, февраль - R, S, T), Тайваньское (декабрь - W, январь - T, февраль - S), Куроисио (декабрь - V, R, P, январь - M, N, O, февраль - M, O), Северо-Тихоокеанское (декабрь - O, Q, январь - K, L, февраль - K, L, M) и Калифорнийское (декабрь - Q, T, январь - O, N, P, февраль - N). С южной стороны кругооборот ограничен северным тропическим океаническим фронтом, а с севера - северным полярным. Конструктивное расположение кластеров в зоне указанного кругооборота соответствует этим фронтам и подчеркивает зональные и меридиональные особенности циркуляционных процессов описанной выше области Тихого океана.

Структура кластеров севернее субтропического круговорота (примерная область от 40°с.ш. до 60°с.ш.) достаточно хорошо отражает расположение субполярного циклонического кругооборота. Этот кругооборот охватывает целый ряд течений, таких как: Алеутское (на схематических картах соответствует кластерам в декабре - I, J, M, N, в январе - I, J, в феврале - H, I, J), представляющее собой северную ветвь Северо-

Тихоокеанского течения, Аляскинское (декабрь - G, январь - H, февраль - H), огибающее Аляскинский залив против часовой стрелки, Камчатское (декабрь - F, январь - E, февраль- G) и Курильское холодные течения.

С запада на восток в районе 40°с.ш. простирается линия конвергенции между двумя различными океаническими циркуляционными процессами, которая распространяясь на юго-восток, преобразовывается в зону положительной горизонтальной дивергенции. Эту особенность распределения температуры поверхности воды можно хорошо проследить на примере групп кластеров на построенных картах: M, O, Q, P, T (рис.2), K, L, M, N, O (рис. 3), J, K, L, N, O (рис. 4), где четко прослеживается расхождение потоков на север и юг. Интересно, что границы между основными кластерными образованиями четко соответствуют физически обоснованным фактам.

Сравнение полученного схематизированного представления распределения среднемесячной температуры поверхности воды северной части Тихого океана с существующими картами метеорологических и климатических характеристик (в частности [7]), таких как температуры воздуха; температуры воды на поверхности; затраты тепла на испарение; радиационный баланс; количество осадков; турбулентный теплообмен между океаном и атмосферой и т.д., представленных в виде распределения изолиний, показало хорошую согласованность между полученными кластерами и однородными зонами полей рассматриваемых характеристик.

Интересен также статистический анализ полученной кластеризации, представленный в виде таблиц 1-5б. Согласно полученным результатам внутрикластерные дисперсии (табл.1) для исследуемой территории во все месяцы имеют чёткое разделение на две части. Большие дисперсии – характеризующие материковую поверхность и поверхность моря, покрытую льдом, связаны, на наш взгляд, с особенностями характера этих поверхностей и взаимодействия с нижележащим слоем атмосферы, и незначительные дисперсии – характеризующие океаническую часть территории и определяемые большой инерционностью океана. Средние значения температуры поверхности имеют в основном меридиональную направленность, уменьшаясь с юга на север, и только на материковой части наблюдаются различия между береговыми частями и более удалёнными от воды. Причём минимальные средние значения наблюдаются в кластере территориально расположенном в глубине полуострова Чукотка, а максимальные - в крайней юго-западной части, находящейся под влиянием тёплого Северо-Пассатного течения.

Таблица 1 - Внутрикластерные дисперсии и средние значения среднемесячной температуры подстилающей поверхности кластеров в северной части Тихого океана (декабрь-февраль)

№№ п/п	Обозначение кластеров	Внутрикластерные дисперсии			Средние значения		
		декабрь	январь	февраль	декабрь	январь	февраль
1	A	9.563	8.277	11.33	247.254	246.083	246.144
2	B	17.211	13.027	16.725	241.647	251.918	252.585
3	C	13.579	17.066	14.838	252.505	240.636	262.88
4	D	11.522	25.28	16.651	259.963	247.955	256.506
5	E	18.026	3.353	3.895	256.947	265.404	260.519
6	F	11.846	18.123	0.089	249.198	256.891	276.345
7	G	2.328	0.109	1.226	267.685	276.175	270.432
8	H	0.213	0.137	0.144	278.493	278.977	279.039

Продолжение табл. 1

№№ п/п	Обозначение кластеров	Внутрикластерные дисперсии			Средние значения		
		декабрь	январь	февраль	декабрь	январь	февраль
9	I	0.227	0.144	0.162	279.805	280.398	280.584
10	J	0.165	0.132	0.153	281.775	282.144	282.24
11	K	0.13	0.15	0.163	276.416	284.143	284.063
12	L	0.212	0.12	0.15	279.095	286.058	286.038
13	M	0.121	0.127	0.183	283.523	287.554	288.467
14	N	0.389	0.118	0.249	280.792	290.688	287.385
15	O	0.2	0.07	0.057	285.916	289.181	290.083
16	P	0.155	0.073	0.088	289.186	292.497	291.773
17	Q	0.105	0.121	0.093	287.799	294.707	293.672
18	R	0.083	0.123	0.121	292.155	296.887	295.947
19	S	0.083	0.24	0.152	294.653	293.917	297.794
20	T	0.069	0.165	0.252	290.583	298.632	295.129
21	U	0.068	0.158	-	296.312	295.852	-
22	V	0.09	-	-	293.725	-	-
23	W	0.145	-	-	299.364	-	-
24	X	0.09	-	-	297.817	-	-

Экстремальные значения евклидовых расстояний, между кластерами, представленные в табл.2 полностью соответствуют кластерам с максимальными и минимальными средними значениями (табл.1).

Таблица 2 - Экстремальные значения евклидовых расстояний между кластерами среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана (декабрь-февраль)

Декабрь		Январь		Февраль	
max	min	max	min	max	min
388.157	5.897	390.071	6.982	347.216	6.942
B-W (2-23)	H-L (12-8)	C-T (3-20)	Q-S (7-19)	A-S (1-19)	R-T (20-18)

При необходимости, для более подробного анализа, в таблицах 3а-5б нами частично представлены евклидовы расстояния (с пропуском части промежуточных значений, представляющих значительный объём) между полученными кластерами среднемесячной температуры поверхности исследуемой территории для декабря, января и февраля, которые, в том числе, могут позволить более наглядно представить картину зонирования рассмотренной физической характеристики поверхности.

Таблица 3а - Матрица ранжированных значений евклидовых расстояний между кластерами среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана (декабрь)

Кластеры	Порядковый номер ранжированных евклидовых расстояний								
	2 (min)	3	4	5	...	21	22	23	24 (max)
1	27.26	36.69	40.66	73.15	....	318.64	329.73	339.80	350.16
2	40.66	62.61	75.66	111.83	....	356.67	367.76	377.81	388.16
3	34.22	36.69	45.28	51.46	....	283.82	294.89	304.94	315.29
4	34.45	51.46	55.88	76.09	....	233.82	244.87	254.92	265.27
5	34.45	45.28	55.15	73.15	....	254.48	265.53	275.58	285.93
6	27.26	34.22	55.15	62.61	....	305.75	316.85	326.92	337.29
7	55.88	59.35	73.08	74.97	....	181.19	192.29	202.38	212.75
8	5.90	8.92	14.16	16.45	....	175.95	197.78	210.55	248.72
9	6.26	8.49	8.92	13.40	....	184.68	206.51	219.33	257.48
10	7.72	11.87	13.40	18.24	....	197.84	219.74	232.51	270.61
11	14.16	18.16	22.89	29.65	....	162.15	183.99	196.66	234.82
12	5.90	6.26	11.54	18.16	....	180.00	201.90	214.59	252.72
13	11.87	16.16	18.61	25.17	....	209.54	231.47	244.21	282.26
14	7.72	8.49	11.54	16.45	....	191.33	213.28	225.96	264.06
15	12.82	16.16	22.00	27.95	....	225.54	247.49	260.23	298.25
16	9.60	9.63	20.01	22.00	....	247.36	269.27	282.10	320.13
17	9.63	12.82	18.76	28.73	....	238.07	260.02	272.80	310.83
18	10.66	10.85	16.80	20.01	....	267.15	289.08	301.93	339.97
19	6.65	11.17	16.80	21.29	....	283.82	305.75	318.64	356.67
20	9.60	10.66	18.76	21.17	....	256.64	278.58	291.41	329.44
21	10.14	11.17	17.46	20.54	....	294.89	316.85	329.73	367.76
22	6.65	10.85	17.46	21.17	....	277.59	299.55	312.41	350.44
23	10.45	20.54	31.67	37.94	....	315.29	337.29	350.16	388.16
24	10.14	10.45	21.29	27.53	....	304.94	326.92	339.80	377.81

Таблица 3б - Матрица номеров кластеров соответствующих ранжированным значениям евклидовых расстояний между кластерами среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана (декабрь)

Кластеры	Порядковый номер ранжированных евклидовых расстояний								
	2 (min)	3	4	5	...	21	22	23	24 (max)
1	6	3	2	5	....	19	21	24	23
2	1	6	3	5	....	19	21	24	23
3	6	1	5	4	....	19	21	24	23
4	5	3	7	6	....	19	21	24	23
5	4	3	6	1	....	19	21	24	23

Продолжение табл.3б

Кластеры	Порядковый номер ранжированных евклидовых расстояний								
	2 (min)	3	4	5	...	21	22	23	24 (max)
6	1	3	5	2	....	19	21	24	23
7	4	11	8	5	....	19	21	24	23
8	12	9	11	14	....	3	6	1	2
9	12	14	8	10	....	3	6	1	2
10	14	13	9	12	....	3	6	1	2
11	8	12	9	14	....	3	6	1	2
12	8	9	14	11	....	3	6	1	2
13	10	15	14	9	....	3	6	1	2
14	10	9	12	8	....	3	6	1	2
15	17	13	16	10	....	3	6	1	2
16	20	17	18	15	....	3	6	1	2
17	16	15	20	13	....	3	6	1	2
18	20	22	19	16	....	3	6	1	2
19	22	21	18	24	....	3	6	1	2
20	16	18	17	22	....	3	6	1	2
21	24	19	22	23	....	3	6	1	2
22	19	18	21	20	....	3	6	1	2
23	24	21	19	22	....	3	6	1	2
24	21	23	19	22	....	3	6	1	2

Таблица 4а - Матрица ранжированных значений евклидовых расстояний между кластерами среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана (январь)

Кластеры	Порядковый номер ранжированных евклидовых расстояний								
	2 (min)	3	4	5	...	18	19	20	21 (max)
1	30.84	41.20	41.74	77.24	....	326.79	334.38	341.37	353.05
2	41.20	46.42	47.78	77.91	....	288.10	295.65	302.67	314.33
3	41.74	65.97	77.91	116.50	....	363.83	371.36	378.41	390.07
4	30.84	46.42	61.31	65.97	....	315.41	323.04	329.92	341.57
5	60.89	73.12	91.77	92.77	....	196.98	204.60	211.56	223.24
6	47.78	60.89	61.31	77.24	....	255.26	262.89	269.76	281.41
7	18.85	28.40	40.10	53.54	....	164.46	192.20	202.76	239.95
8	9.60	18.85	21.32	34.75	....	183.10	210.75	221.49	258.64
9	9.60	11.76	25.19	28.40	....	192.56	220.17	231.00	268.13
10	11.76	13.51	21.32	26.33	....	204.18	231.77	242.66	279.76
11	12.93	13.51	22.95	25.19	....	217.51	245.09	256.05	293.15
12	10.22	12.93	21.04	26.33	....	230.28	257.77	268.85	305.94
13	10.22	11.06	21.09	22.95	....	240.31	267.82	278.91	315.98
14	10.31	12.22	21.09	22.13	....	261.28	288.67	299.90	336.96

Продолжение табл.4а

Кластеры	Порядковый номер ранжированных евклидовых расстояний								
	2 (min)	3	4	5	...	18	19	20	21 (max)
15	10.31	11.06	21.04	22.32	....	251.16	278.58	289.77	326.82
16	10.21	12.22	14.87	22.32	....	273.33	300.69	311.98	349.02
17	6.98	8.60	14.69	14.87	....	288.10	315.41	326.79	363.83
18	7.93	11.76	14.69	20.42	....	302.67	329.92	341.37	378.41
19	6.98	10.21	13.02	20.42	....	282.71	310.12	321.41	358.39
20	11.76	19.12	26.42	31.99	....	314.33	341.57	353.05	390.07
21	7.93	8.60	13.02	19.12	....	295.65	323.04	334.38	371.36

Таблица 4б - Матрица номеров кластеров соответствующих ранжированным значениям евклидовых расстояний между кластерами среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана (январь)

Кластеры	Порядковый номер ранжированных евклидовых расстояний								
	2 (min)	3	4	5	...	18	19	20	21 (max)
1	4	2	3	6	....	17	21	18	20
2	1	4	6	3	....	17	21	18	20
3	1	4	2	6	....	17	21	18	20
4	1	2	6	3	....	17	21	18	20
5	6	7	8	2	....	17	21	18	20
6	2	5	4	1	....	17	21	18	20
7	8	9	10	11	....	2	4	1	3
8	9	7	10	11	....	2	4	1	3
9	8	10	11	7	....	2	4	1	3
10	9	11	8	12	....	2	4	1	3
11	12	10	13	9	....	2	4	1	3
12	13	11	15	10	....	2	4	1	3
13	12	15	14	11	....	2	4	1	3
14	15	16	13	19	....	2	4	1	3
15	14	13	12	16	....	2	4	1	3
16	19	14	17	15	....	2	4	1	3
17	19	21	18	16	....	2	4	1	3
18	21	20	17	19	....	2	4	1	3
19	17	16	21	18	....	2	4	1	3
20	18	21	17	19	....	2	4	1	3
21	18	17	19	20	....	2	4	1	3

Таблица 5а - Матрица ранжированных значений евклидовых расстояний между кластерами среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана (январь)

Кластеры	Порядковый номер ранжированных евклидовых расстояний								
	2 (min)	3	4	5	...	17	18	19	20 (max)
1	44.48	75.69	99.64	113.42	....	319.63	329.35	334.85	347.22
2	42.91	44.48	60.97	70.18	....	276.97	286.65	292.16	304.51
3	33.75	51.27	56.70	70.18	....	208.12	217.78	223.29	235.62
4	39.71	42.91	51.27	75.69	....	250.76	260.39	265.91	278.24
5	33.75	39.71	60.97	67.43	....	222.84	232.50	238.07	250.43
6	18.13	28.49	39.61	40.22	....	135.72	143.92	161.65	203.80
7	40.22	56.70	58.14	67.43	....	164.78	165.80	171.33	183.71
8	10.42	18.13	21.52	33.77	....	125.87	153.54	179.54	221.80
9	10.42	11.22	23.47	28.49	....	135.15	163.76	189.74	232.09
10	11.22	12.29	21.52	25.59	....	146.22	174.79	200.76	243.17
11	12.29	13.34	22.61	23.47	....	158.43	186.95	212.90	255.36
12	10.13	13.34	16.39	25.59	....	171.71	200.11	226.04	268.55
13	9.00	11.04	16.39	22.28	....	188.02	216.27	242.25	284.81
14	9.00	10.13	18.43	22.61	....	180.65	208.78	235.00	277.53
15	11.04	11.42	18.43	24.14	....	198.77	226.90	253.00	295.59
16	11.42	12.76	22.28	22.88	....	210.13	238.13	264.30	306.93
17	10.53	12.76	15.30	24.14	....	222.84	250.76	276.97	319.63
18	6.94	12.44	15.30	28.04	....	238.07	265.91	292.16	334.85
19	12.44	18.45	27.72	40.45	....	250.43	278.24	304.51	347.22
20	6.94	10.53	18.45	22.88	....	232.50	260.39	286.65	329.35

Таблица 5б - Матрица номеров кластеров соответствующих ранжированным значениям евклидовых расстояний между кластерами среднемесячной температуры подстилающей поверхности в Северной части Тихого океана (январь)

Кластеры	Порядковый номер ранжированных евклидовых расстояний								
	2 (min)	3	4	5	...	17	18	19	20 (max)
1	2	4	5	3	....	17	20	18	19
2	4	1	5	3	....	17	20	18	19
3	5	4	7	2	....	17	20	18	19
4	5	2	3	1	....	17	20	18	19
5	3	4	2	7	....	17	20	18	19
6	8	9	10	7	....	4	19	2	1
7	6	3	8	5	....	1	20	18	19
8	9	6	10	11	....	19	4	2	1

Продолжение табл.5б

Кластеры	Порядковый номер ранжированных евклидовых расстояний								
	2 (min)	3	4	5	...	17	18	19	20 (max)
9	8	10	11	6	....	5	4	2	1
10	9	11	8	12	....	5	4	2	1
11	10	12	14	9	....	5	4	2	1
12	14	11	13	10	....	5	4	2	1
13	14	15	12	16	....	5	4	2	1
14	13	12	15	11	....	5	4	2	1
15	13	16	14	17	....	5	4	2	1
16	15	17	13	20	....	5	4	2	1
17	20	16	18	15	....	5	4	2	1
18	20	19	17	16	....	5	4	2	1
19	18	20	17	16	....	5	4	2	1
20	18	17	19	16	....	17	20	18	19

Вывод. Все приведенные особенности структуры распределения кластеров среднемесячной температуры поверхности в районе северной части Тихого океана имеют хорошее физическое обоснование, подтвержденное рассчитанными значениями статистических характеристик. Согласно полученных результатов проведенного исследования с применением алгоритма УИМКД можно сделать вывод о целесообразности использования данного метода для кластеризации гидрометеорологических данных.

Список литературы

1. Смирнов Н.П., Воробьев В.Н. Северо-Тихоокеанское колебание и динамика климата в Северной части Тихого Океана. – СПб: РГГМУ, 2002.-122с.
2. Соскин И.М. Взаимосвязь между изменчивостью теплового состояния поверхностных вод Северной Атлантики с некоторыми показателями атмосферной циркуляции // Труды ГОИН.-1972.- Вып.114.- С.3-43.
3. Гинзбург А.И., Костяной А. Г., Франкиньоль М., Делиль Б. Исследование фронтов южной части Индийского океана с помощью температурных данных // Исследование Земли из космоса. – 2002. -№5. – С.1-11.
4. Копелевич О.В., Шеберстов С.В. Оценка по спутниковым данным межгодовых и сезонных изменений температуры поверхности Атлантического океана и концентрации хлорофилла в поверхностном слое в период 1998-2008 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2010.- Т.7, №1.- С.238-247.
5. Park Y.H., Camberoni L., Charriaud E. Frontal structure, water masses and circulation in the Crozet Basin // J. Geophys. Res. – 1993. – 98. – P. 12.361-12.385.
6. Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны / Под ред. С.Г. Горшкова. – Л: Изд.ГУНИО, 1977.
7. Атлас океанов. Тихий океан / Под ред. С.Г. Горшкова. – Л: Изд.ГУНИО, 1974.

8. Серга Э.Н. Универсальный итерационный метод кластеризации данных // Украинський гідрометеорологічний журнал.-2013.-№13. С.112-123.
9. Лемешко Б.Ю., Лемешко С.Б. О сходимости распределений статистик и мощности критериев однородности Смирнова и Лемана-Розенблатта // Измерительная техника. -2005. - № 12. - С. 9-14.
10. Лемешко Б.Ю., Лемешко С.Б., Миркин Е.П. Исследование критериев проверки гипотез, используемых в задачах управления качеством // Материалы VII международной конференции “Актуальные проблемы электронного приборостроения” АПЭП-2004.- Новосибирск, 2004. – Т. 6. – С. 269-272.
11. Лемешко Б.Ю., Помадин С.С. Проверка гипотез о математических ожиданиях и дисперсиях в задачах метрологии и контроля качества при вероятностных законах, отличающихся от нормального // Метрология. - 2004. – № 3.- С.3-15.
12. Орлов А.И. О применении статистических методов в медико-биологических исследованиях // М.: «Вестник Академии наук СССР».- 1987.- №2. - С. 88-94.
13. Орлов А.И. О проверке однородности двух независимых выборок // Заводская лаборатория. – 2003. – Т.69, №.1. – С.55-60.
14. Крамер Г. Математические методы статистики.: Пер. с англ.-2-е изд.- М,1975. – 325 с.
15. Школьный Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: Підручник.- К.: Міносвіти України, 1999.– 600 с.
16. Орлов А.И. Состоятельные критерии проверки абсолютной однородности независимых выборок // «Заводская лаборатория. Диагностика материалов».- 2012.- Т.78, №.11. – С.66-70.
17. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука, 1983. – 416 с.
18. Служба данных ECMWF ERA-40 [Электронный ресурс].- Режим доступа к журналу.: <http://www.ecmwf.int/products/data>.

Кліматичне районування полів середньомісячної температури підстільної поверхні у північній частині Тихого океану у зимовий період.

Серга Е.М., Рубан І.Г., Рудич О.С.

Пропонується варіант районування полів середньомісячної температури підстільної поверхні в північній частині Тихого океану за допомогою Універсального ітераційного методу кластеризації даних. Наведено фізичний і статистичний аналіз отриманих схем кластеризації, що має добре наукове обґрунтування. Показано, що розподіл середньомісячної температури має в основному зональний характер, з меридіональними відхиленнями в районі берегової межі Північноамериканського континенту.

Ключові слова: температура підстільної поверхні, кластер, критерій, внутрішньокластерна дисперсія, евклідова відстань.

Climate zoning of monthly surface temperature in the North Pacific during winter.

Serga E.M., Ruban I.G., Rudich O.S.

The monthly surface temperature zoning in the Northern Pacific has been obtained with the use of the Universal Cluster Iterative method. The proposed scheme has been verified from both physical and statistical points of view. The results showed the zonal distribution of monthly values over the Pacific Ocean, while meridional deviations were being occurred along the North America coast.

Keywords : monthly surface temperature, cluster, criterion, intra-cluster variance, Euclidean distance.