

УДК 551.58

Э. Н. Серга, канд. геогр. наук, доцент

И. Н. Серга, канд. физ.-мат. наук, доцент

А. И. Сущенко, канд. геогр. наук, ст. преподаватель

Одесский государственный экологический университет,

ул. Львовская 15, Одесса, 65016, Украина

Serga_ed@ukr.net

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА НАД СЕВЕРНОЙ ЧАСТЬЮ ТИХОГО ОКЕАНА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА. ПОВЕРХНОСТЬ 700 ГПА

Предлагаются схемы районирования полей температуры воздуха и массовой доли водяного пара на поверхности 700 гПа над северной частью Тихого океана, выполненного с помощью Универсального итерационного метода кластеризации данных. Приведен физический и статистический анализ полученных схем кластеризации, имеющий хорошее научное обоснование. Показано, что общая структура определённых однородных зон имеет широтную направленность, нарушаемую в восточной области Северной Пацифики. 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, Тихий океан.

ВВЕДЕНИЕ

Энергетическое взаимодействие между океаном и атмосферой на временных масштабах, сравнимых с сезонными, обладает важной особенностью. Оно заключается в том, что имеют место амплитудно-фазовые различия характеристик теплосодержания атмосферы и океана. Исследования показали, что наблюдается 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 [8]. Опережение по фазе термическими и влажностными характеристиками атмосферы аналогичных параметров поверхности океанов 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 – парциальное давление насыщения и фактическое), этот поток, как указывается в работе [8], 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.

Исследование различных проявлений средних температур в виде средне-суточных, 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. Так, в докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) [17] особое внимание уделяется температуре воздуха, как фактора изменения глобального климата. Здесь же говорится о потеплении вод мирового океана, как доминирующего фактора в процессах преобразования энергии климатической системы. Естественно, что это потепление в результате турбулентного тепло и массообмена, приводит к изменению свойств приземного слоя атмосферы над океаном, в том числе и температуры воздуха.

Зоны, характеризующиеся наиболее интенсивными потоками тепла и влаги, относятся к энергоактивным и для уровня подстилающей поверхности достаточно хорошо описаны [например, 2, 8]. Для поверхностей свободной атмосферы такие данные имеют только общий характер, связанный с энергетикой атмосферных процессов на климатических масштабах. Для анализа характеристик крупномасштабного теплового и динамического взаимодействия океана и атмосферы в зонах деятельности среднеширотных циклонов в виде вертикальных турбулентных потоков явного, скрытого, тепла и импульса на границе раздела воды и воздуха на синоптических, сезонных и многолетних масштабах исследуются возможности спутниковых СВЧ-радиометрических методов [3, 4]. Решение этой задачи может позволить более точно рассчитать аномалии значений параметров в зонах интенсивных взаимодействий атмосферы и океана, и определить, в том числе и для вышележащих слоёв атмосферы, объективные границы указанных зон [11].

Поверхность 700 гПа относится к нижней тропосфере. Формирование гидрометеорологических характеристик на этом уровне обусловлено процессами взаимодействия подстилающей поверхности с приземным слоем воздуха и, в тоже время, процессами в средней тропосфере. Подобные процессы предполагают наличие неоднородностей в полях различных гидрометеорологических характеристик над акваторией Тихого океана и прилегающей территории суши. Одним из методов их исследования является кластерный анализ.

Большое достоинство кластерного анализа в том, что он позволяет производить разбиение объектов не по одному параметру, а по целому набору признаков. Кроме того, кластерный анализ в отличие от большинства математико-статистических методов не накладывает никаких ограничений на вид рассматриваемых объектов и позволяет рассматривать множество исходных данных практически произвольной природы [16]. Кластерный анализ позволяет рассматривать достаточно большой объем информации и резко сокращать, сжимать большие массивы различных данных, делать их компактными и наглядными. Большое значение кластерный анализ 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 [15].

Существует большое количество литературных источников, где подробно описаны различные методы проведения кластерного анализа [6; 7; 15; 16]. Однако идеального алгоритма не существует и потенциально не может существовать [9].

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 влияющих факторов, в качестве которых могут использоваться значения репрезентативных векторов, снижаются требуемые вычислительные мощности при исследовании взаимосвязи между различными параметрами, характеризующими взаимодействия в деятельном слое системы океан-атмосфера.

Кластеризация среднемесячных полей температуры воздуха, массовой доли водяного пара на поверхности 700 гПа и расчет статистических характеристик соответствующих однородных зон *является целью* данной статьи и, одновременно, частью более общего исследования, связанного с определением районов интенсивного взаимодействия между процессами, формирующими гидрометеорологические характеристики атмосферы и океана в Северной Пацифике, как аналогов энергоактивных зон.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве материала для исследования были выбраны поля среднемесячных температур воздуха и массовой доли водяного пара (данные ре-анализа ERA-40 [14]), 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, 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. Таким образом, в каждом узле сетки для каждого из указанных месяцев были сформированы 45 - ти мерные векторы гидрометеорологических характеристик. Множество этих векторов и было представлено алгоритму УИМКД [10] для разбиения на однородные кластеры. По сравнению с общепринятыми критериями в климатологии и гидрометеорологии [например, 5], 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, в УИМКД, применён 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 эффективный результат без участия исследователя. В качестве исходной информации выступает матрица $X = (x_j)_{m \times n}$, содержащая m векторов-строк мерности n , характеризующая статистические ряды объёмом 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.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенной кластеризации полей среднемесячных значений температуры воздуха и массовой доли водяного пара на уровне 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 полученных однородных зон температуры воздуха (рис. 1, 2) имеет широтную направленность: их размеры вдоль широтного круга значительно превышают меридиональные.

Нарушение единой протяжённости кластеров с запада на восток наблюдается в двух случаях. Во-первых, это проявляется на всём рассматриваемом интервале времени в районе Берингова моря, в частности, в ноябре и декабре в районе береговой линии п-ова Аляска (рис. 1 – кластеры D, C). Такое разделение подчеркивает ещё сохраняющейся интенсивный турбулентный перенос тепла, формирующийся в результате взаимодействия подстилающей поверхности и прилегающего слоя атмосферы, и влияние Алеутского минимума с центром восточней п-ва Камчатка [1].

В январе и феврале в этом районе циклоническая деятельность ослабевает. Большая часть Берингова моря сковывается льдом, и формирование температуры здесь на уровне 700 гПа обуславливается полем повышенного давления и поступающим с востока холодным, относительно сухим воздухом с суши (рис. 2 – кластеры C, B).

Во-вторых, в ноябре и феврале в восточной акватории Тихого океана, прилегающей к берегам Северной Америки, в отличие от распределений темпе-

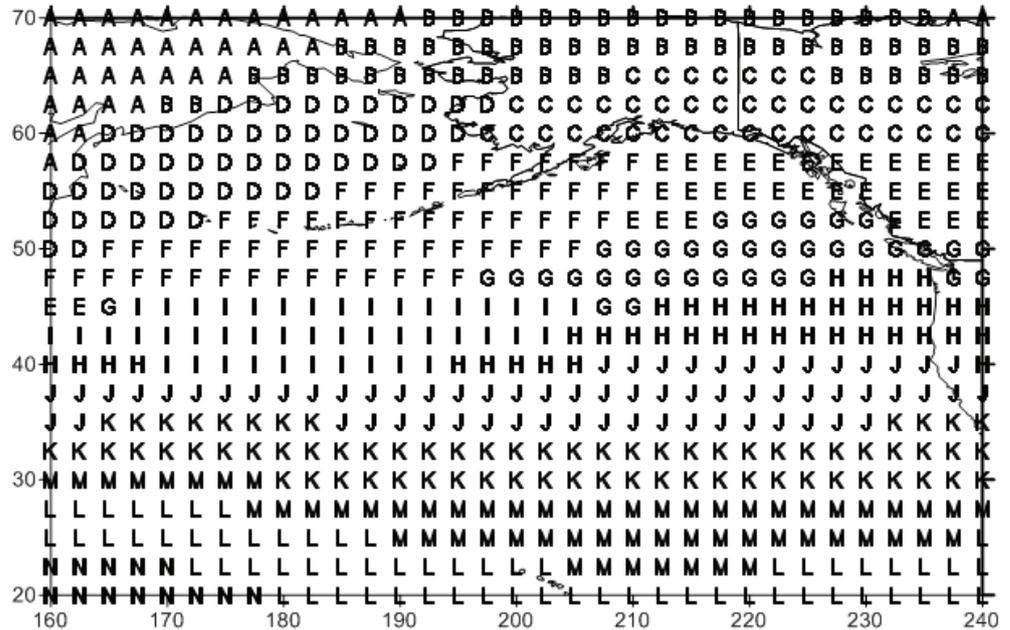


Рис. 1. Пространственное распределение кластеров среднемесячных значений температуры воздуха на поверхности 700 гПа в северной части Тихого океана (ноябрь)

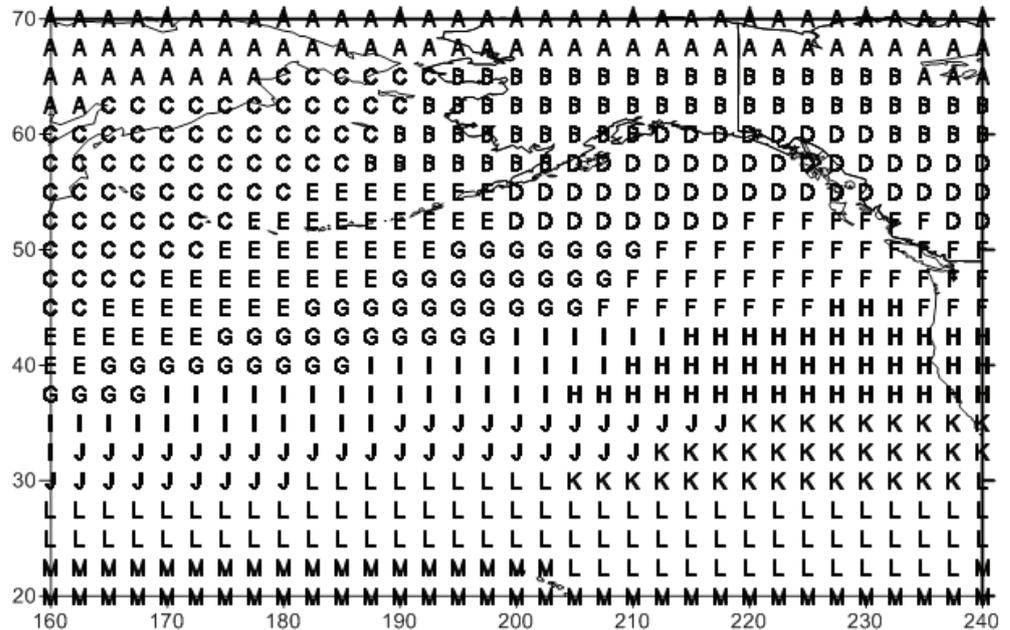


Рис. 2. Пространственное распределение кластеров среднемесячных значений температуры воздуха на поверхности 700 гПа в северной части Тихого океана (февраль)

ратуры в январе и декабре, наблюдается очаговость, появляющаяся в результате меридионального разделения кластеров на несколько частей (рис. 1 – F и E, I и G, H; рис. 2 – E и D, G и F, I и H, J и K). При этом в ноябре очаговость распространяется только до 40° с.ш., вдоль которого движется мощный теплый водный поток течения Куроисио (Северотихоокеанское течение). Зоне разделения этого водного потока на северную и южную ветви, то есть зоне дивергенции, соответствует кластер H (рис. 1). Одним из факторов, препятствующим возникновению очаговости южнее 40° с.ш. является ещё сохраняющаяся интенсивная фаза Гонолульского максимума, определяющего формирование гидрометеорологических характеристик в однородных зонах J, K, M, L (рис. 1). Усиливающийся Алеутский минимум, наоборот, приводит к возникновению условий для появления дополнительных неоднородностей в поле температуры, выраженных на уровне 700 гПа кластерами E, G (рис. 1). К таким условиям, в частности, можно отнести интенсификацию турбулентного теплообмена в нижней атмосфере и деформацию высотного поля давления, которая приводит в рассматриваемой области к смене ветрового режима. В феврале, разделение кластеров наблюдается также южнее 40° с.ш., над зоной расположения правой ветви течения Куроисио и относительно холодного Калифорнийского течения, направленного на юг вдоль восточного побережья Североамериканского континента (рис. 2 – I и H, J и K). В этом месяце на уровне 700 гПа тоже проявляется кластер, соответствующий зоне положительной горизонтальной дивергенции основного теплого водного потока северной части Тихого океана (рис. 2 – H). В этом месяце, в указанном районе, неоднородности в распределениях гидрометеорологических характеристик на высотах определяются деформацией высотного поля давления, возникающей при взаимодействии ослабленного Гонолульского максимума с развитым Алеутским минимумом, второй центр которого располагается восточнее Алеутских островов [1]. В приводном слое, указанное взаимодействие, приводит к увеличению градиентов скорости ветра и температуры, способствующих турбулизации нижних слоев атмосферы.

В отличие от кластеризации температуры воздуха на высоте 2 м и температуры поверхности за такой же период [12, 13], где кластеры строго разделены – над сушей и над водой, на уровне 700 гПа наблюдается распространение температурных однородных зон в широтном направлении с Тихоокеанской акватории на территорию суши (рис. 1 – E, G, H, J, K; рис. 2 – D, F, H, K). Данный факт связан с преобладающим влиянием на формирование температуры горизонтального перемешивания в свободной атмосфере и переносом юго-западными потоками температурно-однородных объемов воздуха над горными массивами на восток.

Как представлено в табл. 1, наибольшая межгодовая изменчивость присуща северным кластерам, расположенным над системой Чукотка – пролив Беринга – Аляска (рис. 1 – A, B, C; рис. 2 – A, B) и над областью действия Але-

утского минимума (рис. 1 –D, E, F, I; рис. 2 – C, D, E, G, F). В первом случае, она обусловлена вариациями среднемесячных значений скорости ветра, определяющих поступление либо морского более теплого воздуха, либо холодного сухого воздуха с территории суши и покрытой льдом водной поверхности. Во втором случае, с учетом того, что кластеры F, I, E (рис. 1) и E, D, G (рис. 2) находятся на пути шторм-треков [1], предпосылки для значительной межгодовой изменчивости температуры формируют различная интенсивность и количество барических образований, меняющиеся в течение месяца из года в год. Южнее, в районе открытой океанской поверхности, дисперсии незначительные, что свидетельствует о малой временной изменчивости процессов (поток скрытого и явного тепла), формирующих поля температуры на нижних высотах атмосферы.

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, хорошо проявляется увеличение области распространения Алеутского минимума в виде смещения линии раздела между глобальными центрами в низкие широты.

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 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 |
| 1 | A | 3,9 | 4,1 | 252,2 | 250,9 | 8 | H | 1,6 | 2,6 | 268,9 | 268,5 |
| 2 | B | 3,7 | 5,1 | 254,2 | 255,8 | 9 | I | 3,7 | 3,5 | 266,6 | 266,2 |
| 3 | C | 3,7 | 4,2 | 258,0 | 253,1 | 10 | J | 0,5 | 2,3 | 273,3 | 271,2 |
| 4 | D | 2,6 | 3,7 | 256,3 | 259,5 | 11 | K | 0,4 | 1,6 | 277,0 | 273,2 |
| 5 | E | 2,4 | 4,2 | 261,3 | 257,2 | 12 | L | 0,4 | 0,6 | 281,3 | 276,6 |
| 6 | F | 3,0 | 2,8 | 260,4 | 263,9 | 13 | M | 0,5 | 0,6 | 279,6 | 279,9 |
| 7 | G | 1,9 | 3,9 | 264,5 | 261,4 | 14 | N | 0,5 | - | 282,8 | - |

Распределение средних значений репрезентативных векторов соответствует широтному распределению поступающей солнечной радиации, то есть име-

ет место меридиональный градиент (значения в южных кластерах выше, чем в северных). Граница перехода от положительных значений к отрицательным (своеобразная нулевая изотерма) представлена кластерами, располагающимися в пределах $30^{\circ} - 40^{\circ}$ северной широты (рис. 1 – кластер J, рис. 2 – K, между J и L). В диапазоне этих широт также находится линия раздела между зонами действия Алеутского минимума и Гонолульского максимума.

Кластеризация массовой доли водяного пара на поверхности 700 гПа (рис. 3, 4) существенно отличается от кластеризации температуры воздуха на этой же поверхности. Количество однородных зон значительно меньше, чем в распределении температуры, Присутствует также их уменьшение с наступлением зимних месяцев (табл. 2).

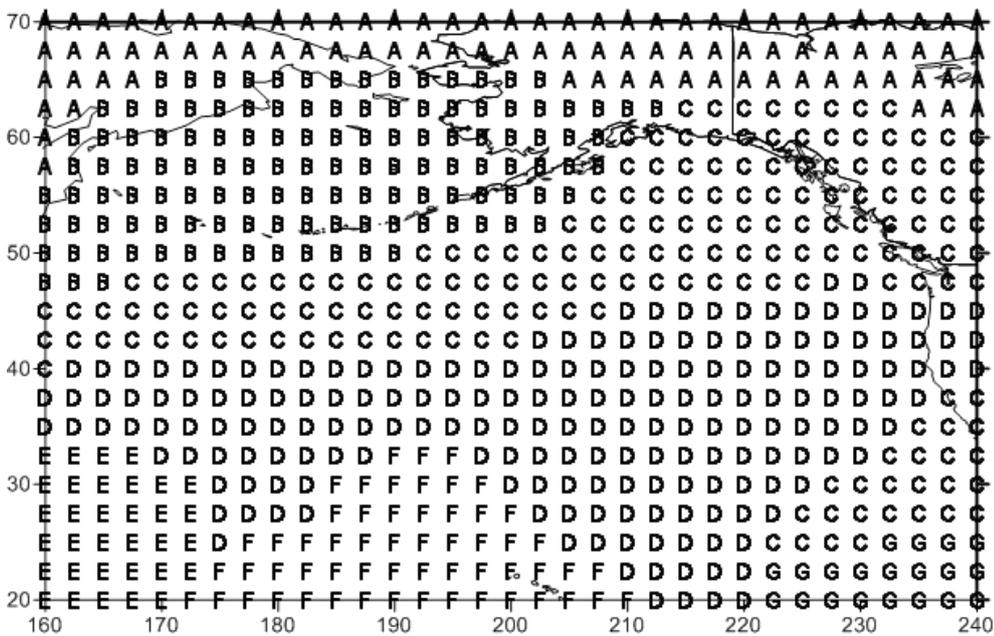


Рис. 3. Пространственное распределение кластеров среднемесячных значений массовой доли водяного пара на поверхности 700 гПа в северной части Тихого океана (ноябрь)

Кластеры занимают большие пространства, имеют широтно-меридиональную направленность и единую протяжённость над водной поверхностью и поверхностью занятой сушей.

В течение холодного периода на схемах наблюдаются хорошо выраженные закономерности, прослеживаемые от месяца к месяцу. В ноябре северную половину рассматриваемой территории Тихого океана (линия раздела проходит около 40° с.ш.) занимает циклональный вихрь с максимальными значениями относительного вихря над заливом Аляска, способствующий влагообмену с

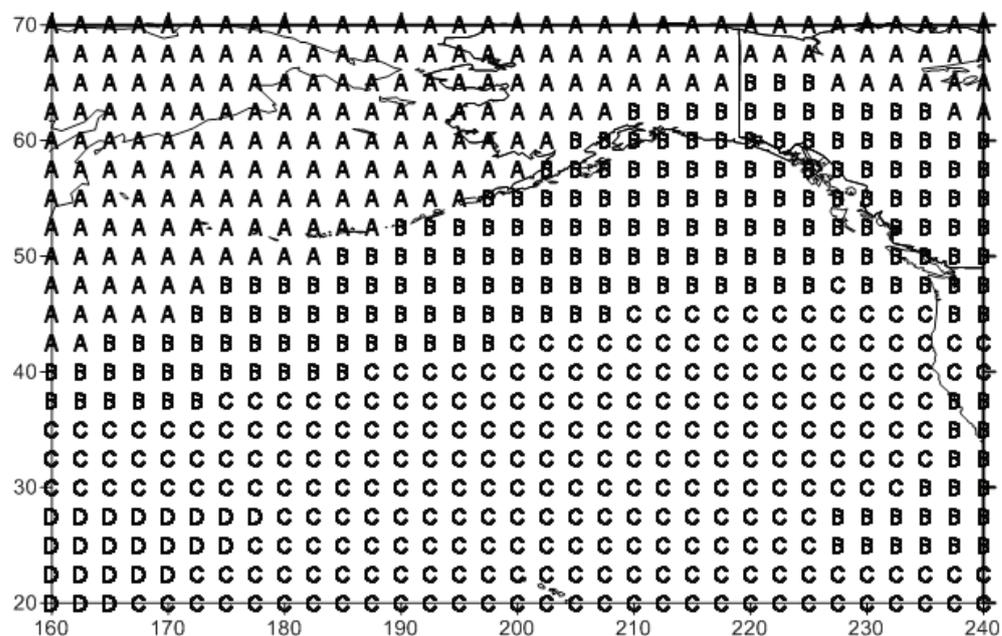


Рис. 4. Пространственное распределение кластеров среднемесячных значений массовой доли водяного пара на поверхности 700 гПа в северной части Тихого океана (февраль)

вышележащими и нижележащими слоями воздуха. Кластеры массовой доли водяного пара (рис. 3 – А, В, С) здесь имеют вытянутую по широте структуру. Статистические показатели их характеризуются минимальными средними значениями и незначительными дисперсиями (табл. 2).

Южнее 35°с.ш., в распределении влажности наблюдаются очаги (рис.3 – кластеры Е, F, G) с наибольшими средними значениями и значительной межгодовой изменчивостью репрезентативных векторов (табл. 2).

Кластеры Е, F, G (рис. 3) в этом месяце находятся в зоне действия высотного антициклонального вихря (отрицательных значений относительного вихря скорости с максимумом в районе кластеров Е, F (рис. 3)), препятствующего переносу влаги, поступающей в результате турбулентного обмена с нижележащих слоев атмосферы в вышележащие слои.

По мере наступления зимних месяцев в северной части усиливается влияние арктического поля высокого давления. Распространению его на юг способствует существенное ослабление потоков явного и скрытого тепла с покрытой снегом материковой части и покрытой льдом водной поверхности Берингова моря. Результатом этих физических процессов является перестройка в распределении полей влажности на уровне 700 гПа. Нижняя граница кластера А (рис. 3) неравномерно смещается в южном направлении, и он занимает пространство над территорией Чукотки, Алеутскими островами, Беринговым морем и

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 части Тихого океана (ноябрь, февраль)

| № п/п | Обозначение кластеров | МВкД ($\times 10^{-8}$) | | СЗ ($\times 10^{-3}$) | | № п/п | Обозначение кластеров | МВкД ($\times 10^{-8}$) | | СЗ ($\times 10^{-3}$) | |
|-------|-----------------------|---------------------------|---------|-------------------------|---------|-------|-----------------------|---------------------------|---------|-------------------------|---------|
| | | ноябрь | февраль | ноябрь | февраль | | | ноябрь | февраль | ноябрь | февраль |
| 1 | A | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 7 | E | 26,7 | - | 3,0 | - |
| 2 | B | 1,7 | 1,0 | 1,0 | 1,3 | 8 | F | 32,7 | - | 2,8 | - |
| 3 | C | 1,2 | 3,8 | 1,5 | 2,0 | 9 | G | 37,1 | - | 2,0 | - |
| 4 | D | 5,2 | 22,7 | 2,3 | 2,5 | 10 | - | - | - | - | - |

большей частью Аляски (рис. 4 – А). Средние значения репрезентативных векторов и их дисперсии практически не претерпевают изменений и соответствуют значениям кластера А в ноябре (рис.3). Кластер В (рис.4) занимает место кластера С (рис. 3). Значения статистических характеристик в этом районе незначительно понижаются (табл. 2). Данной однородной зоне (рис. 4 – В) соответствуют пути перемещения барических систем (штор-треки), среднемесячный минимум в поле приповерхностного давления [1] и положительные значения относительного вихря скорости на уровне 700 гПа. Последний факт указывает на наличие влагообмена с выше- и нижележащими слоями атмосферы. Подобные процессы характеризуют и часть кластера В (рис. 4) располагающуюся на юго-востоке над холодным Калифорнийским течением в зоне образования тропических циклонов. Однако процессы, приводящие к их возникновению в зимний период менее интенсивны, поэтому их вклад в формирование значений влажности незначительный. Кроме того, в этом районе наблюдаются пониженные значения турбулентного теплообмена между поверхностью океана и атмосферой [1].

Однородные зоны D и C (рис. 4) находятся в поле действия высотного антициклонического вихря (абсолютный минимум отрицательных значений относительного вихря в районе кластера D (рис. 4)). Северная граница наибольшего кластера C (рис. 4) соответствует нулевой изотерме на поверхности 700 гПа и располагается над линией раздела между зонами действия глубокого Алеутского минимума и ослабленного Гонолульского максимума. Процессы, играющие значительную роль в формировании влажности в кластерах D и C (рис.4) аналогичны процессам, указанным выше для кластеров E и F (рис. 3).

Средние значения и межгодовая изменчивость репрезентативных векторов кластеров массовой доли водяного пара (табл.2) с максимумами в южной части рассматриваемой территории Тихого океана имеют меридионально направленный градиент: для средних значений, совпадающий по направлению с градиентом температурой воздуха, а для влажности – противоположно направленный (табл.2).

ВЫВОДЫ

1. Объективность полученных результатов кластеризации полей температуры воздуха и массовой доли водяного пара на уровне 700 гПа подтверждают целесообразность применения разработанного Универсального итерационного метода кластеризации данных для проведения исследований с использованием гидрометеорологических данных на климатических масштабах;

2. Выявленные особенности в распределениях гидрометеорологических характеристик в районе северной части Тихого океана, согласуются с приземными климатическими картами месячных и среднемесячных гидрометеорологических характеристик, построенными на основе данных непосредственных экспедиционных гидрометеорологических измерений [1];

3. Анализ изменчивости границ однородных зон в полях температуры и массовой доли водяного пара на уровне 700 гПа, а также соответствующих им статистических показателей (средних значений, межгодовых дисперсий, среднеквадратических отклонений), полученных в результате проведенной кластеризации и кластеризации для последующих временных интервалов, позволит судить об особенностях проявления изменения климата и его интенсивности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас океанов. Тихий океан [Текст] / Под ред. С. Г. Горшкова. – Ленинград: Изд. ГУНИО, 1974. – 300 с.
2. Власова Г. А. Энергоактивная зона океана и атмосферы в северо-западной Пацифике [Текст] / Г. А. Власова, А. М. Полякова // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. – 2013. – № 163. – С. 128-140.
3. Гранков А. Г. Исследование поведения океана и атмосферы в зонах деятельности циклонов с помощью спутниковых СВЧ-радиометрических и наземных средств [Текст] / А. Г. Гранков, С. В. Маречек, А. А. Мильшин, Е. П. Новичихин, Н. К. Шелобанова // Журнал радиоэлектроники. – 2013. – №1. С.1-47.
4. Гранков А. Г. Регулярности и аномалии теплового взаимодействия океана и атмосферы в течении Гольфстрим по данным многолетних спутниковых СВЧ-радиометрических измерений [Текст] / А. Г. Гранков, А. А. Мильшин, Н. К. Шелобанова, Е. А. Ямпольская // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2017. – №2. С.13-22.
5. Кобышева Н. В. Климатологическая обработка метеорологической информации [Текст] / Н. В. Кобышева, Г. Я. Наровлянский. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1978. – 295 с.
6. Кулаичев А. П. Методы и средства комплексного анализа данных [Текст] / А. П. Кулаичев. – Москва: ИНФРА-М, 2006. – 276 с.
7. Лагутин М. Б. Наглядная математическая статистика [Текст] / М. Б. Лагутин. – Москва: П-центр, 2003. – 347 с.
8. Лаппо С. С. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области Мирового океана [Текст] / С. С. Лаппо С. К. Гулев, А. Е. Рождественский. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1990. – 335 с.
9. Мандель И. Д. Кластерный анализ [Текст] / И. Д. Мандель. – Москва: Финансы и Статистика, 1988. – 339 с.

10. Пономарев В. И. Взаимосвязанные климатические аномалии в Тихом океане и дальневосточных морях [Текст] / В. И. Пономарев, Е. В. Дмитриева, С. П. Шкорба, Н. И. Савельева / Океанологические исследования дальневосточных морей и северо – западной части Тихого океана: в 2 кн. – Владивосток: Дальнаука. – 2013. – Т. 1. – С. 13-36.
11. Серга Э. Н. Универсальный итерационный метод кластеризации данных [Текст] / Э. Н. Серга // Український гідрометеорологічний журнал. – 2013. – №12. – С. 112-123.
12. Серга Э. Н. Климатическое районирование полей среднемесячной температуры подстилающей поверхности в северной части Тихого океана в зимний период [Текст] / Э. Н. Серга, И. Г. Рубан, О. С. Рудич // Вісник Одеського держ. екологічного ун-ту. – 2014. – №17. – С. 157-172.
13. Серга Э. Н. Климатическое районирование полей среднемесячной температуры воздуха в северной части Тихого океана в зимний период [Текст] / Э. Н. Серга, А. И. Сущенко // Український гідрометеорологічний журнал. – 2014. – №14. – С. 53-67.
14. Служба данных ECMWF ERA-40 URL: <http://www.ecmwf.int/products/data> (дата обращения: 12.03.2014).
15. Jain A. Data clustering: A review [Текст] / A. Jain, M. Murty, P. Flynn // ACM Computing Surveys. – 1999. – Vol. 31. – P. 264–323.
16. Lance G. N. A general theory of classification sorting strategies. 1. Hierarchical systems [Текст] / G. N. Lance, W. T. Williams // Comp. J. – 1967. – no. 9. P. 373–380.
17. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [Электронный ресурс]: – Режим доступа – www.climatechange2013.org/report/ [Accessed 5 November 2015].

REFERENCES

1. Atlas of the Oceans. Pacific Ocean (1974) [Atlas okeanov. Tikhyy okean], Leningrad: GANIO Publ. (Ed. Gorshkov, S.G.) 300 p.
2. Vlasova, G, Polyakov, A (2013), “Energy-active zone of the ocean and atmosphere in the northwestern Pacific” [“Energoaktivnaya zona okeana i atmosfery v severo-zapadnoy Patsifike”], *Proceedings of the Herzen State Pedagogical University of Russia*, No. 163, pp. 128-140.
3. Grankov, A. G, Marechek, S. V., Milshin, A. A, Novichikhin, E. P, Shelobanova, N. K. (2013), «Research of the behavior of the ocean and the atmosphere in the zones of cyclone activity with the help of Satellite microwave-radiometric and ground-based means» [«Issledovanie povedeniya okeana i atmosfery v zonakh deyatelnosti tsiklonov s pomoshchyu sputnikovykh SVCh-radiometricheskikh i nazemnykh sredstv»], *Journal of Radioelectronics*, No.1, pp. 1-47.
4. Grankov, A. G., Milshin, A. A., Shelobanova, N. K., Yampolskaya, E. A (2017), «Regularities and anomalies of the thermal interaction of the ocean and the atmosphere during the Gulf Stream from the data of long-range satellite microwave radiometric Measurements» [«Regulyarnosti i anomalii teplovogo vzaimodeystviya okeana i atmosfery v techenii Golfstrim po dannym mnogoletnikh sputnikovykh SVCh-radiometricheskikh izmereni»], *Problems of the environment and natural resources*, No. 2, pp. 13-22.
5. Kobysheva, N. V., Narovlyanskiy, G. Ya. (1978), Climatological processing meteorological information [Klimatologicheskaya obrabotka meteorologicheskoy informatsii], Leningrad: Gidrometeoizdat, 295 p.
6. Kulaichev, A. P. (2006), Methods and means for complex date analysis [Metody i sredstva kompleksnogo analiza dannykh], Moscow: INFRA-M, 276 p.
7. Lagutin, M. B. (2003), Transparent mathematical statistics [Naglyadnaya matematicheskaya statistika]. Moscow: P-centr, 347 p.
8. Lappo, S. S., Gulev, S. K., Rozhdestvenskiy, A. E. (1990), Large-scale heat interaction in the ocean-atmosphere system and energy active areas of the World Ocean [Krupnomasshtabnoe teplovoe vzaimodeystvie v sisteme okean-atmosfera i energoaktivnyye oblasti Mirovogo okeana], Leningrad: Gidrometeoizdat, 335 p.
9. Mandel, I. D. (1988), Cluster analysis [Klasternyy analiz], Moscow: Finansy i Statistika, 339 p.
10. Ponomarev, V. I., Dmitrieva, Ye. V., Shkorba, S. P., Savel'eva, N. I. (2013), “Interrelated climatic anomalies in the Pacific Ocean and the Far Eastern seas” [“Vzaimosvyazannye klimaticheskie anomalii v Tikhom okeane i dalnevostochnykh moryakh”], *Oceanological research of the Far Eastern Seas and the northwestern part of the Pacific Ocean: in 2 books*, Vladivostok: Far Eastern Science, Vol. 1, pp. 13-36.
11. Serga, E. N. (2013), “Universal iterative method of data clasterization” [“Universalny iteratsionnyy metod klasterizatsii dannykh”], *Ukrainian hydrometeorological journal*, No. 12, pp. 112-123.

12. Serga, E. N., Ruban, I. G., Rudich, O. S. (2014), "Climatic zoning fields monthly means skin temperature of the North Pacific Ocean in winter" ["Klimaticheskoe rayonirovanie poley srednemesyachnoy temperatury podstilyayushchey poverkhnosti v severnoy chasti Tikhogo okeana v zimniy period"], *Bulletin of Odessa state environmental university*, No. 17, pp. 157-172.
13. Serga, E. N., Sushchenko, A. I. (2014), "Climate zoning of monthly air temperature in the North Pacific during winter" ["Klimaticheskoe rayonirovanie poley srednemesyachnoy temperatury vozdukhа v severnoy chasti Tikhogo okeana v zimniy period"], *Ukrainian hydrometeorological journal*, No. 14, pp. 53-67.
14. ECMWF Data Service ERA-40, available at: <http://www.ecmwf.int/products/data> [accessed 12 March 2014].
15. Jain, A., Murty, M., Flynn, P. (2008), Data clustering: A review. *ACM Computing Surveys*, vol. 31, no. 3, pp. 264-323.
16. Lance, G. N., Willams, W. T. (1967), A general theory of classification sorting strategies. 1. Hierarchical systems. *Comp. J.*, no. 9, pp. 373-380.
17. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, available at: [www.climatechange2013.org /report/](http://www.climatechange2013.org/report/) [Accessed 5 November 2015].

Поступила 21. 04. 2017

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

ОСОБЛИВОСТІ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ НАД ПІВНІЧНОЮ ЧАСТИНОЮ ТИХОГО ОКЕАНУ У ХОЛОДНИЙ ПЕРІОД РОКУ. ПОВЕРХНОСТЬ 700 ГПА

Резюме

Пропонуються схеми районування полів температури повітря і масової частки водяної пари на поверхні 700 гПа над північною частиною Тихого океану, виконаного за допомогою Універсального ітераційного методу кластеризації даних. Наведено фізичний і статистичний аналіз отриманих схем кластеризації, що має гарне наукове обґрунтування. Показано, що загальна структура визначених однорідних зон має широтну спрямованість, яка у розподілі температури порушується в східній області Північної Пацифики. Визначено загальні риси, і відмінності в розподілах полів значень температури і масової частки водяної пари.

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

E.N. Serga

I.N. Serga

A.I. Sushchenko

Odessa State Environmental University,

Lvivska str. 15, Odessa 65016, Ukraine

Serga_ed@ukr.net

FEATURES OF TEMPERATURE AND HUMIDITY REGIME OVER THE NORTH PACIFIC OCEAN IN THE COLD PERIOD. 700 MB GEOPOTENTIAL HEIGHT

Abstract

Problem Statement and Purpose. Formation of hydrometeorological characteristics at 700 hPa level is governed with the processes of interaction of the underlying surface with the surface layer of air and, at the same time, processes in the middle troposphere. Such processes assume the presence of inhomogeneities in the fields of various hydrometeorological characteristics over the Pacific Ocean basin and the adjoining land area. Clusterization of the average monthly fields of air temperature, mass fraction of water vapor at 700 hPa level, the calculation of the statistical characteristics of the proper homogeneous zones is the goal of this work and, at the same time, part of a more general study related to the determination of regions of intense interaction between the processes that form the hydrometeorological characteristics of the atmosphere and the ocean in Northern Pacific, as analogues of energy-active zones.

Data & Methods. As a research object for investigation the fields of mean monthly air temperatures and the mass fraction of water vapor given at nodes of the regular grid of points $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ in the North Pacific from 1957 to 2003 (November–March), were taken. In order to identify homogeneous regions in the fields of these hydrometeorological characteristics, the algorithm of the Universal iterative method of data clusterization is used. This method is based on known parametric and nonparametric criteria: Euclidean distance, Fisher criteria, Cramer-Welch criteria and omega-square criteria (Lehmann-Roseblatt).

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

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