

ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ МЕЖГОДОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КРУПНОМАСШТАБНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДИНАМИКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПЛАНЕТЫ, В ПЕРИОД С 1950 ПО 2009 гг.

Изучены зависимости от времени года периодов наиболее мощных мод спектров межгодовой изменчивости значений важнейших климатических индексов. Выявлены отличия общих особенностей спектров крупномасштабных процессов в Северо-Атлантическом регионе по отношению к процессам в Тихоокеанском регионе и связанным с феноменом Эль Ниньо - Южное колебание.

Ключевые слова: спектр, временной ряд, климатический индекс, период моды, моделирование.

Введение. Крупномасштабные процессы в климатической системе планеты [1-9] являются значимыми факторами изменения состояний всех компонентов ее ландшафтной оболочки, в том числе и ее водных ресурсов [10, 11, 12, 13]. Поэтому совершенствование методов их прогнозирования, является актуальной проблемой физической географии.

Наибольший интерес решение данной проблемы представляет для процессов, происходящих в период, начавшийся со второй половины XX века, в начале которого глобальный климата был относительно стабильным, а после 1979 года имели место его современные изменения [14, 15, 16]. Именно в эти годы произошли существенные изменения распределений по поверхности материков планеты атмосферных осадков [16], что повлияло на водные балансы большинства их водных объектов [17]. Это в свою очередь вызвало ощутимые изменения среднегодовых расходов рек, уровней и площадей поверхности озер, а в регионах Умеренных климатических поясов - также характеристик образующегося в них снежного покрова, изучению которых посвящены работы как отечественных авторов Вишневого В.И. [12], Тимченко З.В. [20], так и зарубежных - Джамалова Р.Г. [18, 19], Кравцовой В. И. [21], Шикломанова И.А., Георгиевского В.Ю. [22-24], Семенова В.А., Алексеевой А.К., Дегтяренко Т.И. [25].

Согласно современным представлениям о количественных характеристиках состояния упомянутых крупномасштабных процессов [1-9], к числу наиболее информативных относятся соответствующие климатические индексы. Определения месячных значений большинства из них начались с января 1948 года и продолжаются ныне. Полученная при этом информация представлена на сайтах NCAR и NOAA [26-32], в виде непрерывных временных рядов.

Общим свойством упомянутых рядов является их сложно осциллирующий характер, что подтверждает присутствие в их спектрах как минимум нескольких составляющих и свидетельствует о целесообразности применения при их прогнозировании аддитивных математических моделей [33, 34, 35].

Особенности их динамики, проявившиеся в период современных изменений климата, свидетельствуют о целесообразности рассмотрения данных процессов как нестационарных, для которых распределение их мощности по частоте может характеризоваться соответствующим спектром мод.

Определение параметров подобных спектров для каждого из рассматриваемых процессов с использованием методик [36, 37, 38] позволило бы учесть их при прогнозировании их динамики.

Вместе с тем причинные связи, порождающие изменения климатических индексов, а также обуславливающие особенности их модовых спектров, характерные в период современного потепления климата, ныне изучены недостаточно. Вследствие чего при описании динамики рассматриваемых процессов принято использовать лишь простейшие авторегрессионные модели [39, 40, 41].

Объект и исходные данные. Учитывая выше изложенное, объектом данного исследования были выбраны изменения важнейших климатических индексов. Предметом исследования являлись особенности сезонных изменений периодов наиболее мощных мод, присутствующих в спектрах изучаемых процессов, проявившиеся за период с 1950 по 2009 гг.

Целью работы являлось изучение сезонной динамики периодов наиболее мощных мод межгодовых изменения важнейших климатических индексов за указанный период.

Методы исследования. Поскольку причинные связи, порождающие изменения упомянутых климатических индексов, ныне изучены недостаточно, разработка их моделей осуществлялась в классе авторегрессионных алгоритмов.

Одним из подходов к разработке подобных моделей, позволяющим осуществить их идентификацию, если рассматриваемые процессы могут быть многомодовыми и нестационарными, является метод нестационарных мод [42, 43].

В соответствии с ним, для описания динамики таких процессов использовалась модели, вида:

$$X(t) = Tx(t) + K(t) + n(t),$$

где $Tx(t)$ - линейный тренд рассматриваемого процесса;

$n(t)$ - стационарный белый гауссовый шум измерения с нулевым средним;

$K(t)$ - коррелированная нестационарная составляющая с нулевым средним, зависящая от предыстории процесса $x(t)$

$$K(t) = \sum_{k=1}^N A_k(t) \sin[\omega_k(t) + \varphi_k],$$

здесь: $A_k(t)$ - мгновенная амплитуда k -моды процесса ($k = 0, 1, 2, \dots$):

$$A_k(t) = \sum_{i=0}^{M_a} a_{ki} \cdot t^i,$$

$\omega_k(t)$ - ее текущая фаза, являющаяся нелинейной функцией времени:

$$\omega_k(t) = \sum_{i=0}^{M_\omega} \omega_{ki} \cdot t^i,$$

M_a и M_ω - целые положительные константы;

a_{ki} и w_{ki} - действительные числа, зависящие от предыстории изучаемого процесса и номера его моды k ;

φ_k - начальная фаза моды k , которая является действительной константой.

Для идентификации параметров использовалась предложенная [44] численная оптимизационная процедура, включающая четыре стадии.

На первой стадии, с помощью, впервые разработанного в 1959 году Л. А. Растригиным [45], метода случайного поиска определялись неизвестные

параметры ϕk , a_{ki} та w_{ki} математических моделей всех возможных мод процесса $K(t)$. При этом в качестве целевой функции [46] использовалось значение коэффициента корреляции изучаемого процесса и рассматриваемой его моды.

На второй стадии осуществлялась предварительная селекция мод, при которой из их набора исключались моды, значения коэффициент корреляции с изучаемым процессом не превышали 95% порога по критерию Стьюдента.

На третьей стадии из набора оставшихся мод исключались моды, существенно коррелированные с наиболее мощными.

На четвертой стадии методом полного перебора определялся комплект мод, обеспечивающий максимальную точность моделирования $K(t)$ на рассматриваемом отрезке его предыстории.

Для достижения цели, поставленной в данной работе, для каждого изучаемого временного ряда определялись значения начальных периодов всех мод, входящих в подобный комплект мод, а также изучалось влияние на них сезонного фактора.

Исследования проводились для всех климатических индексов, мониторинг которых начал осуществляться не позднее 1951 года и без перерывов продолжается до настоящего времени. К ним относятся: индекс Арктического колебание (АО) [27]; индекс Атлантической меридиональной моды (Amm) [4]; многодекадный Атлантический индекс (Amon.us)[5]; индекс Эль-Ниньо - Южное колебание (BEST: Bivariate enso timeseries) [28]; мультивариативный индекс Эль-Ниньо - Южное колебание (MEI) [6]; индекс Восточно-тихоокеанского колебания (EPO) [27]; индекс Североатлантического колебания (NAO) [31]; индекс осцилляции Юго-Восточной части Тихого океана в районе (0-10S, 90W-80W) (Nina-1) [31]; индекс осцилляции Западной части Тихого океана в районе (5N-5S, 150W-90W) (Nina-3) [31]; индекс осцилляции Центральной части Тихого океана в районе (5N-5S, 160E-150W) (Nina-4) [31]; индекс осцилляции Востока Центральной части Тихого океана в районе (5N-5S, 170E-120W) (Nina-34) [31]; северо-тропический Атлантический индекс (NTA) [7]; океанический индекс Эль-Ниньо (ONI) [29]; тихоокеанский Северо-Американский индекс (PNA) [27]; индекс тропической зоны Тихого океана (eof) [31]; индекс состояния солнечной активности (поток радиоизлучения Солнца с длиной волны 10.7 см) (SOLAR) [30]; индекс средней интенсивности атмосферных осадков в зоне Сахель (swmnsoon) [31]; тропический Североатлантический индекс (TNA)[8]; индекс Транс-Ниньо (TNI) [32]; южно-тропический Атлантический индекс (TSA) [8]; индекс теплой области на поверхности океана в Западном полушарии (WHWP) [26]; Западно-Тихоокеанский индекс (WP) [9].

Изучавшиеся временные ряды всех перечисленных характеристик, представленные в [4-9, 26-32] содержат данные об их среднемесячных значениях за каждый месяц с января 1950 по декабрь 2009 г.

Результаты исследования и их анализ.

В соответствии с рассмотренной методикой были для каждого месяца определены значения начальных периодов наиболее мощных мод всех изучавшихся крупномасштабных процессов. Полученные при этом результаты, соответствующие зимним месяцам (декабрь – март) приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, для спектров межгодовых изменений большинства климатических индексов в зимние месяцы характерно присутствие мод с начальными периодами 2-3 года.

В спектрах индексов, характеризующих процессы, происходящие в Атлантическом регионе (АО, Amm, Amon.us, NAO, NTA, TNA), неизменно присутствуют также значимые составляющие с периодами 10 и 11 лет, что не является

Таблица 1 - Значения начальных периодов наиболее мощных мод спектров межгодовых изменений климатических индексов в зимние месяцы.

индекс	декабрь	Январь	февраль
АО	2, 3, 11	2, 6, 11	3, 6, 11
Amm	4, 10, 14, 15	2, 3, 7, 10,	2, 4, 10
Amon.us	3, 4, 11	2, 4, 11	2, 11
BEST	2, 5, 6, 13	2, 3, 5, 9, 13,	2, 4, 6, 15
Epo	2, 5, 6, 13	4, 10	2, 3, 7, 14, 15,
MEI	2, 5, 9, 13	4, 6, 13, 15	4, 5, 9, 13,
NAO	2, 6, 11	2, 3, 5, 6, 10, 11	3, 4, 12
Nina-1	3, 7, 15	2, 3, 4	3, 4, 6, 15
Nina-3	2, 5, 8	4, 6, 13	3 4, 5, 6
Nina-4	2, 5, 9, 13	2, 9, 13	2, 7, 13
Nina-34	2, 5, 9, 13	5, 6, 13	4, 6, 15
NTA	3, 5, 7, 10,	2, 4, 10,	2, 3, 10,
ONI	5, 6, 13	2, 13	2, 13
pacwarm	2, 3, 7, 10, 14,	2, 3, 11, 14	3, 11, 14,
PNA	3, 4, 10	2, 5, 6, 7 14, 15	3, 14
SOI	2, 9, 14,	2, 4, 5, 6, 13,	2, 4, 6, 14
solar	4, 13,	2, 12,	2, 4, 13,
swmnsoon	2, 15	2, 7, 13	4, 6, 13
TNA	3, 5, 7, 11,14,	2, 10	2, 3, 4, 10
TNI	2, 7, 13,	2, 7, 13	2, 9, 13
TSA	3, 4, 9, 15	4, 6, 10, 15,	4, 15
WHWP	2, 8, 11, 13	2, 13, 14	2, 9, 13
WP	2, 11	2, 3, 7	3, 6, 7

прямым следствием влияния на них солнечной активности, в спектре изменчивости которой период основной моды составлял 12 лет.

Для спектров изменчивости на протяжении большинства зимних месяцев индексов, связанных с явлением Эль Ниньо - Южное колебание, (BEST, Epo, MEI, Nina-1, Nina-4, Nina- 34, Nina-3, pacwarm, swmnsoon, WHWP, ONI, TNI) свойственно присутствие мод с начальными периодами 13-15 лет.

Присутствие мод с начальными периодами 5-6 лет во все зимние месяцы типично для изменчивости таких индексов как BEST, MEI, Nina-34, Nina-3.

В табл. 2 приведены установленные в результате расчетов значения начальных периодов наиболее мощных мод спектров межгодовых изменений климатических индексов в весенние месяцы.

Как следует из табл. 2, для месяцев относящихся к весеннему периоду, 2-3 летние моды, как и в зимние месяцы, присутствуют в спектрах изменчивости большинства климатических индексов.

Моды с начальными периодами 10-11 лет присутствуют в спектрах изменчивости всех «атлантических» индексов (АО, Amm, Amon.us, NAO, NTA, TNA) лишь в марте. В апреле и мае их не выявлено для таких важнейших индексов, как АО, NAO, TNA, NTA. Вместо них, как и в спектрах изменчивости индексов «Ниньо» (BEST, Epo, MEI, Nina-1, Nina-4, Nina- 34, Nina-3, pacwarm, swmnsoon, WHWP, ONI, TNI), в состав мод указанных процессов входят составляющие с начальными периодами 13 -15лет.

13-летняя мода является доминирующей также в спектре изменений солнечной активности. Выявленные особенности позволяют предполагать, что влияние этой моды, по мере приближения к лету, усиливается.

Таблица 2 - Значения начальных периодов наиболее мощных мод спектров межгодовых изменений климатических индексов в весенние месяцы

Индекс	Март	Апрель	Май
АО	4, 5, 11	4, 8	2, 3, 8, 9, 13
Amm	2, 11	2, 3, 11	2, 3, 11
Amon.us	2, 3, 11	3, 6, 11, 14, 15	2, 9, 4, 10
BEST	2, 4, 6, 15	2, 3, 4, 13,	7, 13
Epo	2, 9, 4, 7, 13	2, 10	2, 5, 9, 13, 15
MEI	4, 6, 13, 15	2, 3, 5, 6, 9, 15	2, 9, 15
NAO	2, 4, 5, 11, 14	2, 8	2, 4, 6, 15
Nina-1	2, 3, 5, 13	2, 10, 11, 15	2, 10
Nina-3	2, 5, 6	2, 6, 8	4, 13
Nina-4	2, 13	2, 5, 9, 13	2, 5, 6, 13
Nina-34	4, 5, 6, 9, 13	2, 13	4, 13
NTA	2, 10, 13	2, 13	2, 9, 13
ONI	2, 13	2, 13	2, 6, 13
Расwarm	2, 12, 14	3, 5, 11, 14	2, 14
PNA	2, 15	3, 5, 10, 14	3, 15,
SOI	2, 4, 9, 14	2, 4, 6, 8, 13,	7, 13
Solar	2, 4, 13	4, 13	2, 4, 13
swmnsoon	2, 3, 4, 5, 6, 10	2, 3, 4, 15	3, 10, 15
TNA	2, 5, 10,	3, 9, 13,	3, 9, 13
TNI	2, 5, 13	2, 5, 14	5, 14
TSA	4, 5, 15	2, 4, 5, 7, 15	3, 6, 14, 15
WHWP	3, 5, 10, 13	2, 8, 5, 9, 15	2, 5, 8
WP	2, 3, 13	6, 9, 8	4, 12

Для всех весенних месяцев спектры изменчивости таких индексов, как TNI, TSA, WHWP содержат значимые 5-6 летние моды.

В табл. 3 представлены результаты оценки начальных периодов наиболее мощных мод спектров межгодовых изменений климатических индексов в летние месяцы.

Из табл. 3 видно, что, как и в предыдущие сезоны, летом моды с начальными периодами 2-3 года преобладают в спектрах практически всех изучаемых индексов.

К числу наиболее часто встречающихся относятся также моды с периодами 13-15 лет. Не выявлены эти моды лишь для таких процессов как TNI) и solar (во все месяцы), а также:

АО, NTA, PNA и TNA - в июне;

SOI, Nina-3, NAO – в июле;

АО, Amon.us, Nina-1, Nina-34, ONI, PNA, SOI, WP в августе.

Значение начального периода наиболее мощной моды в спектре временных рядов межгодовой изменчивости солнечной активности (solar) для всех летних месяцев составляет 12 лет.

Таблица 3 - Значения начальных периодов наиболее мощных мод спектров межгодовых изменений климатических индексов в летние месяцы

Индекс	Июнь	Июль	Август
АО	2, 9	3, 15	2, 3, 8, 9, 11,
Amm	3, 13	3, 14,	4, 14,
Amon.us	4, 9, 10, 14	2, 4, 6, 7, 11, 15	2, 3, 6, 7, 11
BEST	2, 4, 8, 9, 13, 15	2, 5, 6, 7, 15	2, 4, 6, 13, 15
Epo	2, 3, 4, 11, 14	2, 4, 14	2, 15
MEI	6, 13, 15	2, 6, 15	2, 6, 15
NAO	3, 5, 8, 11, 14	2, 5	7, 8, 9, 10, 12, 14
Nina-1	2, 3, 5, 10, 13	3, 10, 14, 15	3, 5, 10
Nina-3	4, 13	2, 5, 6,	2, 6, 13
Nina-4	2, 9, 13,	2, 4, 7, 15,	2, 5, 6, 7, 15
Nina-34	2, 9, 13,	2, 5, 6, 15	2, 5, 6,
NTA	2, 9,	2, 9, 14	4, 8, 9, 14
ONI	2, 13,	2, 5, 9, 13, 14	2, 4
pacwarm	2, 9, 10, 13, 14,	2, 14	4, 7, 14
PNA	6, 8, 11	3, 4, 7, 13	3, 7, 11
SOI	2, 4, 5, 8, 14	2, 5	2, 4
Solar	4, 12	2, 12	2, 12
swmnsoon	6, 10, 15	3, 8, 14	2, 3, 6, 7, 8, 10, 15,
TNA	3, 9	9, 3, 9, 11, 14, 15	4, 6, 7, 11, 15
TNI	3, 5, 11	3, 5, 11	3, 6, 11
TSA	3, 14	2, 3, 4, 15	2, 4, 6, 14
WHWP	2, 15	2, 4, 15	3, 4, 10, 15
WP	2, 3, 8, 9, 10, 15	2, 8, 15	3, 6, 12

Моды с начальным периодом 10-11 лет на протяжении всех летних месяцев присутствуют в спектрах изменчивости таких индексов, как TNI, Nina-1, Amon.us. Число индексов, для которых данные моды выявлены в августе больше (9), чем в июне (8) и чем в июле (4). Последнее позволяет предполагать, что по мере приближения к осени процессы в климатической системе, порождающие данные моды усиливаются.

Моды с периодами 5, 6 лет на протяжении всех летних месяцев выявлены во временных рядах соответствующих таким индексам, как TNI, MEI.

Результаты расчетов начальных периодов наиболее мощных мод спектров межгодовых изменений климатических индексов в осенние месяцы приведены в табл. 4.

Воспользовавшись табл. 1-4, построены графика отображающие зависимости от номера месяца количества индексов, спектры изменчивости которых содержат моды с теми или иными значениями начальных периодов, приведенные на рис. 1.

Из рис.1 следует, что все рассматриваемые характеристики климатической системы существенно зависят номера месяца. Максимальные количества индексов, в спектрах которых содержатся моды с начальными периодами 2-3 года, имеет место в январе, апреле и июле, а их минимальные количества – в октябре. Более всего индексов, в спектрах которых содержатся моды с периодами 4-5 лет, 6-7 лет и 8-9 лет, приходится на март, август и июнь соответственно.

Таблица 4 - Значения начальных периодов наиболее мощных мод спектров межгодовых изменений климатических индексов в осенние месяцы

индекс	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
AO	3, 6, 11	4, 11, 15	3, 6, 10,
Amm	4, 6, 9, 11, 14	4, 11	3, 4, 6, 8, 10
Amon.us	2, 3, 7, 11	2, 4, 8, 11	2, 4, 8, 11
BEST	4, 6, 13, 15	2, 9, 13	2, 6, 9, 11, 13,
Epo	2, 3, 4, 11, 15	2, 3, 6, 8, 12	2, 3, 4, 13
MEI	4, 6, 15	4, 5, 6, 13, 15	2, 5, 9, 13, 15
NAO	3, 6, 7, 10, 11, 15	3, 4, 9, 12	2, 7, 15
Nina-1	2, 13	2, 7	2, 11
Nina-3	2, 8	2, 8	2, 5, 8
Nina-4	2, 13, 15	2, 9, 13, 15	2, 6, 9, 13, 15
Nina-34	4, 8	4, 8	4, 5, 8
NTA	2, 4, 5, 8, 10, 14	2, 9, 14	5, 7, 9, 10, 14
ONI	5, 6, 13	5, 7, 13	5, 9, 13
pacwarm	2, 6, 14	3, 7, 14	3, 4, 7, 11, 14
PNA	2, 3, 9, 12	2, 4, 15	2, 4, 8,
SOI	2, 3, 13	2, 6, 14	2, 6, 13
solar	2, 4, 12	4, 13	2, 12
swmnsoon	2, 9, 14	3, 15	2, 14
TNA	4, 5, 7, 11, 13, 15	2, 4, 14	2, 5, 7, 10
TNI	2, 11	6, 11	2, 7, 11
TSA	2, 7, 10, 13, 14	2, 6, 14	2, 3
WHWP	2, 4, 8, 9, 15	2, 7, 15	2, 11, 15
WP	2, 5, 14	2, 11	2, 3

Практически противофазно изменяются в зависимости от месяца количества климатических индексов, в спектрах изменчивости которых, присутствуют моды с периодами 10-11 и 13-15 лет.

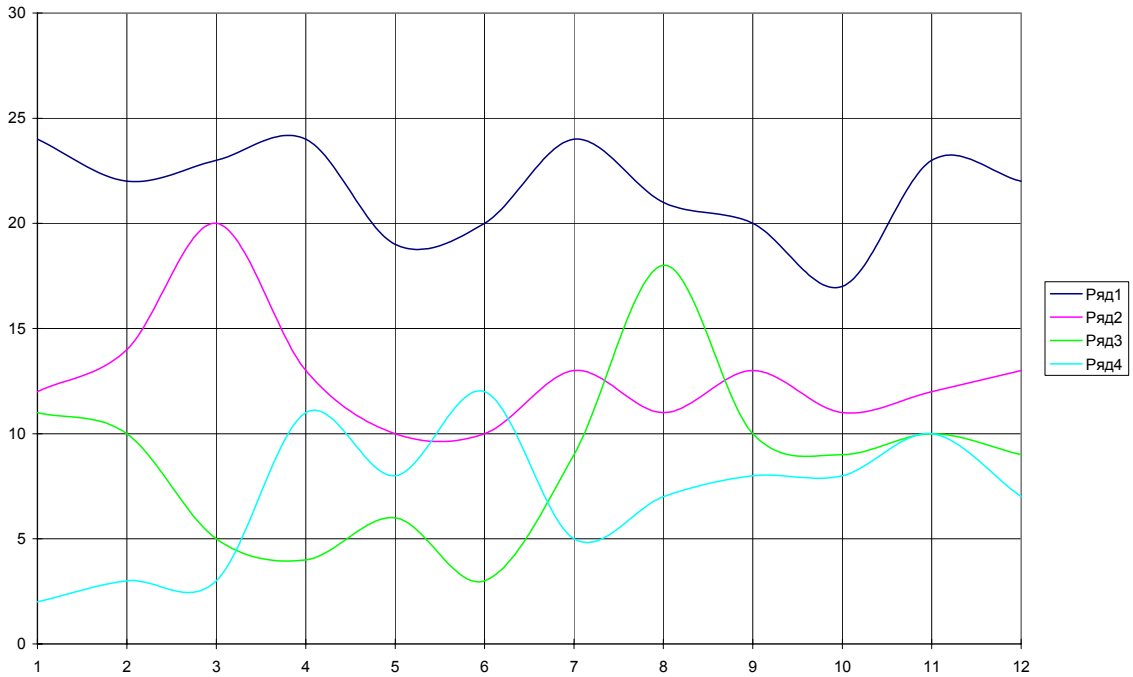
Поскольку при построении рассматриваемых графиков учитывались важнейшие крупномасштабные процессы в обоих полушариях планеты, выявленные особенности свидетельствуют о том, что характеристикам динамики всей ее климатической системы свойственна существенная сезонная изменчивость, обусловленная сезонными изменениями потока поступающей на нашу планету солнечной радиации и асимметричностью распределения по ее поверхности материков и океанов.

Выводы

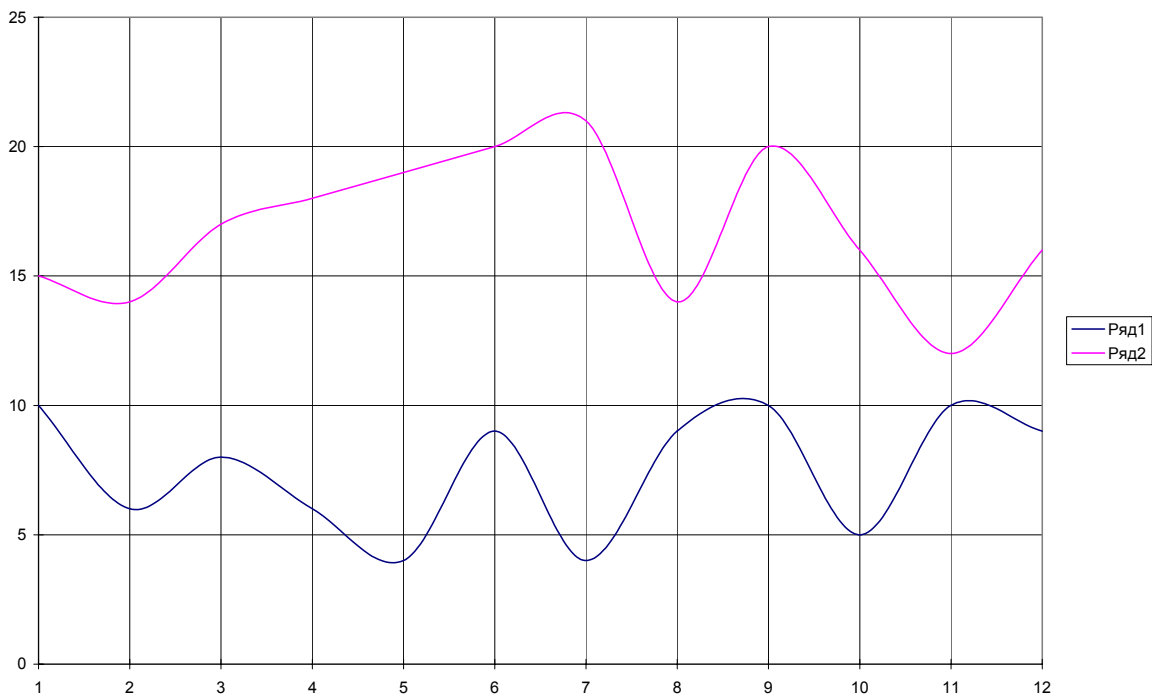
1. Спектры межгодовой изменчивости состояний важнейших крупномасштабных процессов в климатической системе планеты, оцененные за период с 1950 по 2008 г.г. для различных месяцев являются мультимодальными, что свидетельствует о возможности использования при оценке их параметров метода нестационарных мод.

2. Периоды наиболее мощных мод этих процессов существенно зависят от времени года. Эти зависимости для каждого рассматриваемого процесса уникальны. Тем не менее, их общей закономерностью является присутствие в спектрах всех рассматривавшихся процессов мод с периодами 2-3 года.

3. Для процессов, происходящих в Северо-Атлантическом регионе (включая тропическую зону Атлантики), свойственна общая закономерность: повторяемость в спектрах их межгодовой изменчивости мод с периодом 10-11 лет в месяцы с ноября по январь возрастает, а в апреле- мае – снижается.



А) моды с начальными периодами 2-3 года (ряд 1), 4-5 лет (ряд 2), 6-7 лет (ряд 3), и 8-9 лет (ряд4).



Б) моды с начальными периодами 10-11 лет (ряд 1), 13-15 лет.

Рис. 1- Зависимость от номера месяца количества климатических индексов в спектрах изменчивости которых, присутствуют моды с теми или иными начальными периодами.

4. Общей особенностью процессов, существующих в Тихоокеанском регионе, а также связанных с феноменом Эль-Ниньо Южное колебание, является наличие в спектрах их межгодовой изменчивости практически в любые месяцы мод с периодами 13-15 лет, повторяемость которых максимальна в июле, июне и сентябре.

5. Выявленные особенности спектров крупномасштабных процессов в климатической системе планеты свидетельствуют о том, что аналогичные свойства могут быть присущи изменениям характеристик режимов увлажнения территорий ее водных бассейнов, что целесообразно учитывать при моделировании и прогнозировании динамики ее водных ресурсов.

Список литературы

1. *Барабанов В.С.* Глобальная и региональная климатическая изменчивость. // Развитие морских наук и технологий в Морском гидрофизическом институте за 75 лет. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2004. – С.442 – 468.
2. *Полонский А.Б.* Влияние крупномасштабных процессов в системе океан- атмосфера на изменения Черноморского климата. // Международная научная конференция «Геополитические и географические проблемы Крыма в многовекторном измерении Украины»: сб. науч. тр. – Севастополь, 2004. – С.248 – 249.
3. *Воскресенская Е.Н.* Влияние крупномасштабных атмосферных процессов на формирование гидрофизических и гидробиологических условий северо-западной части Черного моря в зимний период. // Морской гидрофизический журнал. – 2004. – № 6. – С.29 – 36.
4. *Chiang, J. C. H., and Vimont D. J.*: Analogous meridional modes of atmosphere-ocean variability in the tropical Pacific and tropical Atlantic. *J. Climate*, 17(21), 2004. – 4143-4158 pp.
5. *Enfield D.B., Mestas-Nunez A. M. and Trimble P.J.*: The Atlantic multidecadal oscillation and it's relation to rainfall and river flows in the continental U.S.. *Geophysical Research Letters*, Vol. 28, 2001. -2077-2080 pp.
6. *Wolter, K., and Timlin M.S.*: Measuring the strength of ENSO - how does 1997/98 rank? *Weather*, Vol. 53, 1998. - 315-324pp.
7. *Penland, C., and Matrosova L.*, "Prediction of tropical Atlantic sea surface temperatures using Linear Inverse Modeling," *J. Climate*, 1998, March, 483-496 pp.
8. *Enfield, D.B., Mestas A.M., Mayer D.A., and Cid-Serrano L.*, 1999: How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic sea surface temperatures? *JGR-O*, 104, 7841-7848.
9. *Wang, C., and D.B. Enfield*, 2001: The tropical Western Hemisphere warm pool, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 1635-1638.
10. *Мильков Ф.Н.* Ландшафтная сфера Земли. – М. : Мысль, 1970. – 207 с.
11. *Будыко М.И.* Глобальное потепление и его последствия // *Метеорология и гидрология*. – 1991. – № 12. – С.5 – 10.
12. *Вишневецький В.І.* Вплив кліматичних змін і господарської діяльності на термічний і льодовий режими річок/ В.І. Вишневецький // *Наук. праці УкрНДГМІ*. – 2002. – Вип. 250. – С.121 – 137.
13. *Волощук В.М.* Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти. – К.: ВПЦ Київський університет. 2002. – 115 с.
14. *Кондратьев К.Я.* Глобальные изменения климата и круговорот углерода. // *Изв. РГО*. – 2001. – Т.132. – Вып.4. – С.4 – 20.
15. *Джоунс Ф.Д.* Тенденции глобального потепления // *В мире науки*. – 1990. – № 10. – С.62 – 70.
16. *Climate Change 2007 – Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to Assesment Report Four of the Intergovernmental Panes of Climate Change (IPCC).* Cambridge Unsversity Press. – Cambridge. UK, 2007.– 973 p.
17. *World water resources at the beginning of the 21st century.* Progett of IHP UNESCO./Ed. Shiklomanjv I. A. St Peterburg. 1999. – 395p.
18. *Джамалов Р. Г.* Изменение многолетних характеристик подземного стока под влиянием климата и антропогенных воздействий. // *Водные ресурсы*. 2008. т. 35. №1. – с.17-24.
19. *Джамалов Р.Г.* Изменение многолетних характеристик стока рек ЕТ России в начале XXI века. // Сборник трудов Всеукраинской конференции «Стратегические проблемы водопользования России». М. – Азов. -2008. –С. 333-344.
20. *Тимченко З.В.* Синхронность колебаний среднегодовых расходов воды на реках Крыма. // Тематический сборник научных трудов «Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана». 2006. – С. 157-160.
21. *Кравцова В.И.* Изменение размеров термокарстовых озер в различных районах России за последние 30 лет. // *Криосфера Земли*. 2009. т. XIII - №2. - С.16-26.
22. *Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю.* Изменение стока рек России при глобальном потеплении климата. - Доклады VI Всероссийского гидрологического съезда, секция 3, часть II. -Москва, Метеоагентство Росгидромета, 2008, с.159-163.

23. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек России. - В кн. «Гидрологические последствия изменения климата», Новосибирск, 2007, 192-204.
24. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю., Балонишнікова Ж.А. Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы и социально-экономические последствия, проблемы адаптации и снижения негативных последствий. - Метеоспектр, Вопросы специализированного гидрометеорологического обеспечения, 2007, №2 с.46-69.
25. Семенов В.А., Алексеева А.К., Дегтяренко Т.И. Изменения стока рек России и прилегающих территорий в XX столетии // Метеорология и гидрология. 1994. № 2. С.76-83.
26. <http://www.cgd.ucar.edu/cas/catalog/climind/>
27. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/index.shtml>
28. [http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/from NOAA/ESRL PSD](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/from%20NOAA/ESRL%20PSD)
29. http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml
30. http://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/results?op_0=eq&v_0=Penticton_Observed&t=102827&s=4&d=8&d=22&d=9 For NGDC.
31. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/>
32. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/Pressure/TimeSeries/TNI/>
33. Норман Дрейпер, Гарри Смит. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия = Applied Regression Analysis. — 3-е изд. — М.: «Диалектика», 2007. — 912с.
34. Чавкин А.М. Методы и модели рационального управления в рыночной экономике.- М.: Финансы и статистика, 2001. — 320 с.
35. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии/ А.В. Рождественский, А.И. Чеботарев — Л.: Гидрометеоздат, 1974. — 424 с.
36. Дженкинс Г. Спектральный анализ и его приложения. — М.: Мир, 1971 — Т. 1. — 316 с.; 1972. — Т. 2. — 288 с.
37. Бриллинджер Д. Временные ряды. Обработка данных и теория. — М.: Мир, 1980.- 536 с.
38. Жубренко И.Г. Спектральный анализ временных рядов. М.: Изд-во МГУ. — 1982. — 168с.
39. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. — М.: Физматлит, 2006. — 816 с.
40. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ / Т. Андерсон. — М. : Физматгиз, 1963. — 560 с.
41. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс; пер. с англ. Л.Л. Левшина; под ред. В.Ф. Писаренко— М. : Мир, 1974. — 197 с.
43. Холопцев О. В. Аналіз та прогноз природних складових сучасної просторово-часової мінливості ландшафтних комплексів рівнинної України. // Автореферат на здобуття вченого ступеня доктора географічних наук. ОНУ ім.І.І. Мечнікова. Одеса. — 2010. — 43с.
44. Холопцев А.В. Особенности энергетических спектров межгодовой изменчивости общего содержания озона над территорией Украины в период с 1979 по 2006 г. // Причерноморский экологический бюллетень. — Одесса. — 2009. — №1(31). — С.186 — 197.
45. Расстригин Л. А. Способ автоматической настройки многопараметрических систем автоматического управления и регулирования на заданные условия. АС СССР №129701 (Заявлено 17 августа 1959 г.), класс G05d 27/00.
46. Чипига А.Ф., Колков Д.А. Анализ методов случайного поиска глобальных экстремумов многомерных функций // Фундаментальные исследования. — 2006. — № 2 — С. 24-26

Особливості спектрів міжрічних мінливостей великомасштабних кліматичних чинників динаміки водних ресурсів планети в період з 1950 по 2009 рр. Холопцев О.В., Некос С.В.

Досліджені залежності від пори року періодів найбільш потужних мод спектрів міжрічної мінливості значень найважливіших кліматичних індексів. Визначені відміни загальних особливостей спектрів великомасштабних процесів, що відбуваються у Північно-Атлантичному регіоні, по відношенню до процесів у Тихоокеанському регіоні та пов'язаних з феноменом Ель Ніньо - Південне коливання.

Ключові слова: спектр, часовий ряд, кліматичний індекс, період моди, моделювання.

Features of spectrums of interannual changes of large-scale climatic factors of dynamics of aquatic resources of planet, in a period from 1950 to 2009. Holopsev A.V., Nekos S.V.

Dependences are studied on the season of periods of the most powerful fashions of spectrums of interannual changeability of values of major climatic indexes. The differences of general features of spectrums of large-scale processes are educed in the Северо-атлантическом region in relation to processes in the Pacific region and by El Niño related to the phenomenon – South oscillation.

Keywords: spectrum, temporal row, climatic index, period of fashion, design.