

455146

# ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ДОЛГОСРОЧНО-ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ И ВЗАИМООБУСЛОВЛЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

**А.Е. Антонов\*\***, **А.Б. Бендик\***, **В.Н. Яковлев\***  
(\*ФГУП “АтлантНИРО”, \*\*ФГНУ “ГосНИОРХ”)

*Представлен долгосрочно-прогностический анализ матрицы корреляционных связей между четырьмя десятками различных атмосферных и океанических показателей, в той или иной степени характеризующих взаимодействие океана и атмосферы как планетарной системы, функционирующей в субрегионах Тихого, Индийского и, частично, Атлантического океанов. Дана оценка важности и занимаемой иерархии каждого из рассмотренных индексов в том числе и с учетом информативности их индивидуальных графиков, отражающих самую разнообразную ритмику изменчивости природных процессов.*

Информация о структуре временных рядов показателей-индексов природных процессов и явлений имеет многоплановое научное и практическое значение.

Нами проанализирована корреляционная матрица в долгосрочном прогностическом варианте (2003-2050 гг.), составленная из 40 атмосферных и океанических индексов, в основном, по Тихому океану к северу и югу от экватора. Кроме того, анализировались сопутствующие графики индексов.

Временной отрезок (2003-2050 гг.) выбран нами с тем, чтобы использовать все 40 индексов, т.к. прогностические ряды разных индексов оказались неодинаковой длины.

Фактические годовые значения индексов различной продолжительности были получены из работ (Густоев, 2000) и (Смирнов, Воробьев, 2002), через сеть Internet, а также от В.Н.Малинина.

Для прогноза была выбрана полигармоническая модель Д.И. Якушева, имеющая определенные методические достоинства (Якушев, 2002). Ранее А.Е. Антонов, в том числе и в соавторстве с Д.И. Якушевым, неоднократно и успешно использовал эту модель для сверхдолгосрочных эпохальных прогнозов гео-гелиофизических, гидрометеорологических и биологических показателей (Антонов, 2007).

Возможные погрешности и неточности в достоверности корреляционной матрицы могут быть обусловлены, вероятно, следующими обстоятельствами:

- искаженность исходных данных – разноразмерность и разномасштабность индексов (аномалии, градиенты, компоненты разложения по естественным составляющим, осреднение, нормирование);

- исходные фактические индексы могут находиться на разных отрезках природных временных изменений и тенденций (подъем, спад, увеличение, уменьшение, разные циклы и др.);

- недостаточное совершенство используемой полигармонической модели.

В подобных случаях, скорее всего, не целесообразно подбирать критерии достоверности полученных коэффициентов корреляции. Однако есть надежда получить сравнительно достоверную иерархию важности тех или иных индексов, их место и возможную роль в будущем (до 2050 г.).

Вводим следующие условные градации корреляционных связей по величине коэффициентов корреляции:

- связь прогностическая (0,70 и выше);

- связь значимая (0,50-0,69);

- связь существенная (0,30-0,49);

- связь не существенная (0,29 и ниже).

Корреляционная матрица состоит из 1600 членов (коэффициентов корреляции), из них:

- автокорреляция (коэффициент корреляции равен 1,00) – 40 (коэффициенты корреляции, равные количеству индексов), что составляет 3% от общего количества коэффициентов корреляции;

- прогностическая связь – 92 (6%);

- значимая связь – 62 (4%);

- существенная связь – 142 (9%);

- не существенная связь – 1249 (78%).

Нами использованы нижеследующие индексы:

1. **Nina 1-2** – Температура поверхности океана (ТПО) на крайнем востоке тропической Пацифики (среднемесячные значения ТПО на участке 0-10° ю.ш., 80-90° з.д.).

2. **Nina 3** – ТПО в восточной тропической Пацифике (5° с.ш.- 5° ю.ш., 90-150° з.д.).

3. **Nina 3-4** – ТПО в центрально-восточной тропической Пацифике (5° с.ш.-5° ю.ш., 120-170° з.д.).

4. **Nina 4** – ТПО в центре тропической Пацифики (5° с.ш.-5° ю.ш., 150° з.д.-160° в.д.).

5. **SOI-1** – Индекс рассчитан как разность нормированных значений атмосферного давления в тропическом климатическом поясе между станциями на о. Таити (г. Папаэте) и северном побережье Австралии (г. Дарвин).

6. **SOI-2** – Индекс рассчитан по данным глобального массива гидрометеорологической информации (COADS) на основе судовых наблюдений за атмосферным давлением и ТПО. По результатам анализа пространственного распределения корреляции между среднемесячными аномалиями приземного атмосферного давления и аномалиями ТПО выделены две области в восточно-экваториальной Пацифике положительных и отрицательных значимых связей атмосферного давления и ТПО с присвоением весов, пропорциональных величине коэффициентов корреляции в узлах географической сетки. На первом этапе рассчитывается индекс “Таити”, как средняя аномалия атмосферного давления по району положительной корреляции атмосферного давления и ТПО, взвешенная на величину коэффициента корреляции и количества наблюдений в каждом узле географической сетки. Индекс “Дарвин” рассчитывается таким же образом, но по району отрицательной корреляции. Окончательный вариант индекса SOI представляет собой разность этих индексов (“Таити” минус “Дарвин”).

7. **SOI-3** – Индекс рассчитан по разности стандартизированных значений аномалий атмосферного давления “Таити” минус “Дарвин”. Среднемесячные аномалии стандартизировались по стандартному отклонению среднегодовых значений.

8. **SOI-5** –  $SOI-5$  (месяц, год) = [Т (месяц, год) – Д (месяц, год)] : S, где Т и Д – аномалии атмосферного давления на станциях Таити и Дарвин, которые нормированы на стандартное отклонение среднемесячных значений S.

9. **АЛО** – Аляскинское колебание: разность атмосферного давления между двумя точками на Аляске (интенсивность меридионального воздушного переноса).

10. **NAO** – Северо-Атлантическое колебание: разность атмосферного давления в центрах Исландского минимума и Азорского максимума.

11. **MEI** - Многомерный индекс Эль-Ниньо – Южное Колебание (ЭНЮК) основан на шести наблюдаемых характеристиках в тропической Пацифике: 1) атмосферное давление на уровне моря, 2) и 3) зональная и меридиональная составляющие приземного ветра, 4) ТПО, 5) температура воздуха, 6) общая облачность. Индекс рассчитан как главная компонента разложения комбинации всех шести характеристик на естественные составляющие. Отрицательным значениям MEI соответствует Ла-Нинья, положительным – Эль-Ниньо.

12. **ЮТАп** – значение атмосферного давления в центре Южно-Тихоокеанского антициклона (ЮТА).

13. **ЮТАш** – широта центра ЮТА.

14. **ЮТАд** – долгота центра ЮТА.

15. **КАТ** – природные катастрофы (из автореферата Д.В. Густоева).

16. **Кипарис** – интенсивность образования годичных колец в стволах японского кипариса.
17. **Эль-Ниньо** – все события Эль-Ниньо без градаций его интенсивности (из автореферата Д.В. Густоева).
18. **АО Тих. ок.** – Антарктическое колебание (осцилляция) Тихоокеанское: среднемесячные значения разности атмосферного давления между географическими точками 35° ю.ш., 100° з.д. (вблизи центра ЮТА) и 70° ю.ш., 100° з.д. (зона интенсивного циклогенеза).
19. **Расwarm** – Межсезонная ТПО в экваториально-тропических областях Тихого и Индийского океанов. Рассчитывается как первая главная компонента разложения на естественные составляющие полей ТПО между областями 10° с.ш. - 10° ю.ш., 60 - 170° в.д. (для ноября - мая) и 0 - 20° с.ш., 60 - 170° в.д. (для июня - сентября).
20. **NOI** – Северное колебание: разность значений атмосферного давления между Гонолульским антициклоном и северным побережьем Австралии (г. Дарвин).
21. **Eofpac** – ТПО тропической Пацифики. Рассчитывается как первая главная компонента разложения на естественные составляющие полей ТПО между 20° с.ш. - 20° ю.ш., 60° з.д. - 120° в.д.
22. **Espi** – Эль-Ниньо. Индекс основан на спутниковой информации об осадках.
23. **NPO1** – зимние разности значений атмосферного давления между географическими точками на широтах 35 и 55° с.ш. на меридиане 180°.
24. **NPO2** – зимние разности значений атмосферного давления между географическими точками на широтах 35 и 55° с.ш. на меридиане 140° з.д.
25. **NPO3** – зимние разности значений атмосферного давления между географическими точками на широтах 35 и 55° с.ш. на меридиане 160° з.д.
26. **NPO4** – зимние разности значений атмосферного давления между центрами Алеутского минимума атмосферного давления и Гонолульского максимума.
27. **NPOоб.1** – первая главная компонента разложения по естественным составляющим значений индексов NPO1, NPO2, NPO3 и NPO4.
28. **NPOоб.2** – первая главная компонента разложения по естественным составляющим значений индексов NPO3, АО, КО (Камчатское колебание).
29. **Алп** – значение атмосферного давления в центре Алеутского минимума.
30. **Алш** – широта центра Алеутского минимума.
31. **Алд** – долгота центра Алеутского минимума.
32. **Гонп** – значение атмосферного давления в центре Гонолульского максимума.
33. **Гонш** – широта центра Гонолульского максимума.
34. **Гонд** – долгота центра Гонолульского максимума.

35. Алп зима – зимнее значение атмосферного давления в центре Алеутского минимума.

36. Алш зима – зимняя широта центра Алеутского минимума.

37. Алд зима – зимняя долгота центра Алеутского минимума.

38. Гонп зима – зимнее значение атмосферного давления в центре Гонолульского максимума.

39. Гонш зима – зимняя широта центра Гонолульского максимума.

40. Гонд зима – зимняя долгота центра Гонолульского максимума.

По итогам анализа прогностической корреляционной матрицы и сопутствующих графиков всех 40 рассматриваемых индексов мы подробнее сосредоточимся на исследовании прогностических (0,70 и выше) и значимых (0,50 – 0,69) связей. Такое решение продиктовано намерением уделить особое внимание углубленному анализу климатической составляющей парных корреляционных связей с коэффициентом более 0,50. В результате получены следующие 82 такие связи, которые обеспечили 30 индексов - 70% от общего количества индексов (для прогностических связей коэффициент корреляции в скобках выделен жирным шрифтом):

1. **Nina 1-2** и **Nina 3** (0,66)
2. **Nina 1-2** и **SOI 3** (-0,72)
3. **Nina 1-2** и **MEI** (0,55)
4. **Nina 1-2** и **Espi** (0,55)
5. **Nina 3** и **Nina 3-4** (0,82)
6. **Nina 3** и **MEI** (0,83)
7. **Nina 3** и **NOI** (-0,65)
8. **Nina 4** и **Nina 3-4** (0,67)
9. **Nina 4** и **ЮТАп** (0,54)
10. **Nina 3-4** и **MEI** (0,69)
11. **Nina 3-4** и **NOI** (-0,61)
12. **SOI 1** и **SOI 3** (0,55)
13. **SOI 1** и **SOI 5** (0,80)
14. **SOI 2** и **АО** (0,57)
15. **SOI 2** и **Алп зима** (0,69)
16. **SOI 2** и **Алд зима** (0,65)
17. **MEI** и **NOI** (-0,75)
18. **ЮТАп** и **Кипарис** (-0,52)
19. **ЮТАп** и **НРОЗ** (0,57)
20. **ЮТАп** и **Алп** (0,81)

21. ЮТАп и Алд (-0,55)
22. ЮТАп и Алп зима (0,70)
23. ЮТАп и Гонп (0,71)
24. Кипарис и АО Тих. ок. (-0,94)
25. Кипарис и Расварм (0,98)
26. Кипарис и NPO2 (-0,51)
27. Кипарис и NPO4 (0,67)
28. Кипарис и Алп (-0,74)
29. Кипарис и Алд (0,79)
30. Кипарис и Алп зима (-0,90)
31. Кипарис и Гонп (-0,82)
32. Кипарис и Гонш (-0,99)
33. Кипарис и Гонд (-0,99)
34. АО Тих. ок. и Расварм (-0,95)
35. АО Тих. ок. и NPO3 (0,93)
36. АО Тих. ок. и NPO4 (-0,64)
37. АО Тих. ок. и Алп (0,72)
38. АО Тих. ок. и Алд (-0,68)
39. АО Тих. ок. и Алп зима (0,73)
40. АО Тих. ок. и Гонп (0,63)
41. АО Тих. ок. и Гонш (0,97)
42. АО Тих. ок. и Гонд (0,96)
43. Расварм и NPO2 (-0,50)
44. Расварм и NPO3 (-0,97)
45. Расварм и NPO4 (-0,64)
46. Расварм и Алп (0,69)
47. Расварм и Алд (0,76)
48. Расварм и Алп зима (-0,83)
49. Расварм и Гонп (-0,74)
50. Расварм и Гонш (-0,99)
51. Расварм и Гонд (-0,99)
52. Espi и Гонп зима (0,58)
53. NPO2 и NPO3 (0,50)
54. NPO2 и Гонд (0,51)
55. NPO3 и NPO4 (-0,67)
56. NPO3 и Алп (0,75)

57. NPO3 и Алд (-0,82)  
 58. NPO3 и Алп зима (0,92)  
 59. NPO3 и Гонп (0,85)  
 60. NPO3 и Гонш (0,98)  
 61. NPO3 и Гонд (0,98)  
 62. NPO4 и Алп (-0,72)  
 63. NPO4 и Алд (0,61)  
 64. NPO4 и Алп зима (-0,64)  
 65. NPO4 и Гонп (-0,61)  
 66. NPO4 и Гонш (-0,65)  
 67. NPO4 и Гонд (-0,65)  
 68. NPOоб. 1 и Алп (-0,56)  
 69. Алп и Алд (-0,66)  
 70. Алп и Алп зима (0,80)  
 71. Алп и Гонп (0,78)  
 72. Алп и Гонш (0,70)  
 73. Алп и Гонд (0,70)  
 74. Алд и Алп зима (-0,80)  
 75. Алд и Гонп (-0,74)  
 76. Алд и Гонш (-0,77)  
 77. Алд и Гонд (-0,75)  
 78. Гонп и Гонш (0,74)  
 79. Гонп и Гонд (0,76)  
 80. Гонп и Алп зима (0,98)  
 81. Гонш и Гонд (1,00)  
 82. Гонш и Алп зима (0,83)

№ п/п	Индекс	Связь		Полушарие
		Прогностическая (число случаев)	Значимая (число случаев)	
1	Nina 1-2	1	3	Южное
2	Nina	2	1	Южное
3	Nina 4	0	2	Южное
4	Nina 3-4	0	2	Южное
5	SOI – 1	1	1	Южное
6	SOI – 2	0	3	Южное

№ п/п	Индекс	Связь		Полушарие
		Прогностическая (число случаев)	Значимая (число случаев)	
7	SOI – 3	1	1	Южное
8	SOI – 5	1	0	Южное
9	MEI	2	2	Южное - Северное
10	NOI	0	2	Северное
11	АО	0	1	Северное
12	ЮТАп	3	3	Южное
13	ЮТАш	0	1	Южное
14	АО Тих.ок.	7	3	Южное
15	Кипарис	8	3	Северное
16	Расwarm	8	3	Южное - Северное
17	Espi	0	2	Северное
18	NPO2	0	4	Северное
19	NPO3	8	3	Северное
20	NPO4	1	7	Северное
21	NPO об. 1	0	1	Северное
22	Алп	8	2	Северное
23	Алд	7	4	Северное
24	Алп зима	9	1	Северное
25	Алш зима	0	1	Северное
26	Алд зима	0	1	Северное
27	Гонп	9	2	Северное
28	Гонш	8	1	Северное
29	Гонд	8	1	Северное
30	Гонп зима	0	1	Северное

Наибольшее количество прогностических связей из их общего числа (92) приходится на Северное полушарие (66), прежде всего, за счет основных барических центров действия атмосферы – Алеутского минимума (24) и Гонолульского максимума (25). Причем частота этих связей для годовых (Алп - 8) и зимних (Алп зима - 9) значений атмосферного давления Алеутского центра барической депрессии значительно превосходит количество связей его морфометрических характеристик, по которым прогностическая связь существует только для долготы (Алд - 7). В качестве объяснения



этого факта, пожалуй, можно предложить то обстоятельство, что интенсивность Алеутского барического центра (величина атмосферного давления в Алеутской депрессии), как таковая, существенно важнее, чем его географическое положение, которое, как известно, не отличается особым постоянством. Для Гонолульского (Гавайского или Северо-Тихоокеанского – разные варианты названия) антициклона, наоборот, характерны устойчиво высокие и частые прогностические связи как для значений атмосферного давления в центре (**Гонп** - 9), так и его морфометрических параметров – широты (**Гонш** - 8) и долготы (**Гонд** - 8), но только для годовых значений (без зимних). Это может быть объяснимо пониженным атмосферным давлением в антициклоне в холодный период года по сравнению с теплым и мало меняющимися географическими координатами центра Гонолульского максимума по сравнению с Алеутским минимумом.

Столь же нередки прогностические связи для зимних разностей значений атмосферного давления между географическими точками 35 и 55° с.ш. на меридиане 160° з.д. (**НРОЗ** – 8), а также для межсезонных ТПО в экваториально-тропических областях Индийского и Тихого океанов (**Рacwarm** - 8). Частая прогностическая связь атмосферного индекса **НРОЗ** может быть объяснена тесной сопряженностью атмосферных процессов (воздухообмена) вдоль характерного направления (меридиана). То же касается межокеанского температурного индекса (**Рacwarm**), когда особенности формирования температурных аномалий в экваториально-тропическом поясе Индийского океана (зона муссонов) и Тихого (зона пассатов) имеют, по-видимому, весьма схожие природные черты. Аномальный прогрев вод в Тихом и Индийском океане приводит к нагреву экваториальной атмосферы и обостряет контраст температуры между экватором и полюсами, что, в свою очередь, ведет к увеличению интенсивности зональной циркуляции. Анализ горизонтальной структуры композиционных карт АТПО предоставляет возможность выделить в качестве важнейшей особенности "сухих" и "влажных" лет общий сценарий развития аномалий (Kumar, Hoerling, 1995). Согласно такому сценарию, развитие процессов в тропическом регионе Тихого и Индийского океанов изменяет картину пространственного распределения аномалий на противоположную от одного зимнего сезона к другому в течение годового цикла.

Полученный сценарий развития аномалий не только дает основание предполагать существование тропосферного двухгодичного колебания в тропическом регионе Тихого и Индийского океанов. Методика отбора лет для исследования позволяет также выделить и подчеркнуть важную роль этого колебания во взаимной связи между аномалиями муссонной циркуляции в Индийском океане и развитием процессов ЭНЮК в Тихом.

Любопытно отметить значительное количество случаев прогностических связей для индекса интенсивности роста годовых колец в древесных стволах японского кипариса (**Кипарис** – 8). Это, скорее всего, может быть обусловлено достаточно частой возможностью формироваться целому комплексу наиболее благоприятных внешних условий как в атмосфере, так и в океане, причем не обязательно в непосредственной близости к району произрастания дерева.

В Южном полушарии близкое ранее отмеченному нами количеству прогностических связей демонстрирует только индекс Антарктического колебания (**АО Тих. ок.** - 7), кстати, тесно связанный с восточным центром ЮТА. Это имеет большое значение в уточнениях объяснения природы феномена Эль-Ниньо – Ла-Нинья волновым механизмом быстрого отклика экваториального Тихого океана на процессы, протекающие в высоких широтах Южного океана (Залесный, Ивченко, 2005).

У оставшихся вне рассмотрения семи индексов (**Nina 1-2, Nina 3, SOI-1, SOI-3, SOI-5, MEI и ЮТАп**) более, чем вдвое меньше случаев прогностической связи (от 1 до 3), чем у рассмотренных выше. Практически такое же количество случаев (от 1 до 4) связи имеют индексы (62) со значимой связью. Поэтому не будем пока останавливаться на выделении каких-либо особенностей среди значимых коэффициентов корреляции. Отметим только, что все выше перечисленные семь индексов, имеющие, хотя и небольшое количество прогностических связей, относятся исключительно к Южному полушарию.

Рассматривая и анализируя природные индексы воздушной и водной оболочек Земли в регионе Тихого океана, полагаем, что преобладающее количество прогностических связей в Северном полушарии, по всей видимости, обусловлено гораздо более устойчивым пространственно-временным положением основных барических систем - центров действия атмосферы – Алеутской депрессии и, особенно, Гоналульского антициклона. Возможно, это связано с особенностями очертания берегов и существенным преобладанием суши в Северном полушарии по сравнению с Южным полушарием. Атмосферная циркуляция и индексы, с нею связанные, над южной половиной Тихого океана, главным образом, обеспечиваются интенсивностью, конфигурацией площади действия и географическим положением центра ЮТА - крупнейшей на планете по масштабам субтропической области высокого атмосферного давления. Главнейшей ее особенностью является тот факт, что межгодовые морфометрические характеристики антициклона в значительной степени зависят от внутригодовых (внутрисезонных и внутримесячных) морфометрических параметров. Эти параметры, как правило, одновременно могут характеризовать многоцентровую структуру ЮТА с наличием в масштабах естественного синоптического периода двух, трех и даже четырех

самостоятельных центров на востоке, западе и в центре Южной Пацифики (Бендик, Яковлев, 2008). Именно с этим обстоятельством, как нам представляется, может быть связано достаточно скромное количество прогностической (**ЮТАп** – 3) и значимой (**ЮТАш** – 1) связей индексов ЮТА. Заметим, что долготный индекс (**ЮТАд**) вообще отсутствует среди индексов со значениями коэффициентов корреляции более 0,50. Отслежена статистически значимая связь характеристик Северо-Тихоокеанских центров действия атмосферы (ЦДА) с развитием процессов Эль-Ниньо – Ла-Нинья. Во время Эль-Ниньо (Ла-Нинья) происходит углубление (ослабление) и смещение на восток (запад) Алеутского циклона, а также ослабление (усиление) и смещение на юг (север) Гонолульского антициклона. Отмечено, что в конце XX века произошло усиление корреляционной зависимости между характеристиками Северо-Тихоокеанских ЦДА и ТПО в области формирования Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Вейвлет-анализ показал, что к концу XX века более четко проявилась характерная для Эль-Ниньо квазичетырех-шестилетняя цикличность Алеутского и Гонолульского ЦДА (Мохов, Чон, 2005).

Но в то же время в Южном полушарии индекс **ЮТАд** имеет существенные (0,30-0,49) отрицательные связи, в основном, только с океаническими индексами (**Nina-3**, **Nina-4** и **Nina-3-4**) и одним атмосферным тоже отрицательным индексом (**ЮТАш**), за исключением существенной положительной связи с зимним индексом атмосферного давления в центре Гонолульского антициклона (**Гонп зима**). Считаем, что одновременное существование нескольких географически самостоятельных центров ЮТА совершенно не способствует тесноте не только прогностической и значимой связи между индексами морфометрических характеристик, но позволяет лишь единично реализоваться отмеченным выше существенным связям. В этом смысле показатели-индексы ЮТА весьма автономны, что можно считать подтверждением нашего ранее сделанного предположения о больше региональном, чем планетарном характере функционирования природных процессов (их генезисе) в Юго-Восточной части Тихого океана.

В заключение попытаемся дать краткие комментарии к индивидуальным графикам рассмотренных природных индексов, по возможности акцентируя внимание как на ранжировании индексов по степени информативности графического материала, что предполагает выделение различных группировок индексов, так и на отыскании скрытых физических механизмов реализации тех или иных природных закономерностей.

По результатам проведенного анализа и оценкам степени информативности выделены четыре отдельные группы из графического представления всех 40 индексов. Главным критерием подбора графиков в разные группы стал принцип различной ритмики сигналов для каждого из индексов.

## Первая группа

Графики двадцати индексов (самая многочисленная группа) представляют практически поровну Северное и Южное полушария (**Nina 1-2, Nina 3, Nina 4, Nina 3-4, SOI 1, SOI 3, SOI 5, MEI, NOI, NAO, NPO2, NPO4, AO, ЮТАд, Гонп зима, Гонш зима, Гонд зима, Алш, Алш зима, Алд зима**). Эта группа своим содержанием отражает самый сложный вид ритмики (цикличности) межгодовой изменчивости, причем особо явно ей присущи как квазипяти-шести-семилетние ритмы (более всего у **Nina-1-2, Nina 3, Nina 4, Nina 3-4, SOI 1, SOI 3, SOI 5**), так и квазидесяти-двенадцати-четырнадцатилетние (более всего у **MEI, NOI, NPO2, NPO4, Гонп зима, Гонш зима, Гонд зима, Алд зима**). Индексам этой группы принадлежит наибольшее количество прогностических и значимых корреляционных связей, что указывает на особый характер информационного обеспечения каждого индекса индивидуально и группы в целом. Полагаем, это может быть связано как с квазипериодической составляющей в общей изменчивости любого природного процесса, который отражает его индекс, так и, что более важно, с энергоемкостью конкретных циклов (Антонов, 2007). Отметим также тот факт, что рассматриваемая группа индексов представляет собой образец сравнительно короткопериодной цикличности, и для индексов этой группы, очевидно, вполне достаточно иметь исходные временные ряды конкретных параметров длиной около полувека. Вероятно поэтому здесь наблюдается эффект наложения разновеликих периодов в общую ритмику отдельно взятого процесса. Информационная значимость каждого индекса, с нашей точки зрения, заложена именно в наборе (более одной) гармонических составляющих, свойственных конкретному индексу, характеризующему тот или иной природный процесс-явление.

## Вторая группа

Графики семи индексов второй группы тоже представляют почти равное количество индексов для Северного и Южного полушарий. Характеризуют они, главным образом, атмосферные процессы (**SOI 1, Эль-Ниньо, Espi, NPO1, NPOоб1, ЮТАп, ЮТАш**). Исходя из анализа графических материалов, констатируем, что особенностью временной изменчивости каждого из перечисленных индексов, за исключением **ЮТАп**, является синусоидальный характер кривых, но с индивидуальными отличиями в периодичности смены максимальных и минимальных значений. Так, для индексов **SOI 1** и **Эль-Ниньо** (все случаи этого явления без оценок интенсивности) их линейные графики показывают квазисемилетнюю периодичность. Пожалуй, это не удивительно, поскольку имеющаяся статистика всех событий Эль-Ниньо в основном укладывается в квазисемилетнюю реализацию, а **SOI 1** - один из характерных индексов, наиболее полно отражающий ритмику перепадов атмосферного давления в тропическом поясе между

востоком и западом южной половины Тихого океана (Южное Колебание). Квазишестилетнюю ритмику смены относительно “сухих” и “влажных” лет демонстрирует индекс **Espi**, причем пиковые периоды максимальных осадков заметно продолжительнее (от одного до трех лет подряд), чем периоды минимальных (исключительно внутригодовая сезонность). Это указывает на безусловную связь затянувшихся ливневых периодов с событиями Эль-Ниньо разной интенсивности в экваториально-тропических областях Тихого океана (Эль-Ниньо в открытом океане и Эль-Ниньо в районе материкового шельфа-склона). Две разновидности индекса Северо-Тихоокеанского Колебания (**NPO1** и **NPOоб.1**), учитывающие зимние разности межширотного атмосферного давления на северо-западе умеренного пояса Тихого океана в Северном полушарии и имеющие очень слабые связи с другими индексами, тем не менее, своими графиками демонстрируют синусоидальную квазичетырехлетнюю ритмику смены максимальных и минимальных значений зимних разностей атмосферного давления.

### Третья группа

Графики десяти индексов этой группы иллюстрируют в ряде случаев (**АО Тих. ок., NPO3, Расварг, Кипарис, Гонп, Алп, Алд и Алп зима**) одновременное проявление как волнообразной ритмики самых разных квазипериодов, так и тенденций на повышение или понижение тренда на прогнозируемые годы (2003-2050 гг.). Такая особенность может быть вызвана очень коротким исходным фактическим рядом именно для индексов данной группы. Для двух индексов морфометрических параметров Гонолульского антициклона (**Гонш** и **Гонд**), которые имеют предельно тесную связь между собой (коэффициент корреляции равен 1,00), графический вид межгодовой изменчивости носит только функциональный характер и отражает непрерывно плавное уменьшение как широты, так и долготы на выбранную перспективу лет. Скорее всего, это связано с межвековой (эпохальной) ритмикой (циклическостью) процессов, которые характеризует тот или иной индекс данной группы, а выбранные исходные ряды позволяют уловить лишь начало, либо конец, т.е. тенденцию развития конкретного процесса или явления.

### Четвертая группа

Графики трех индексов (**NPOоб2, КАТ** и **Еофрас**) наименее информативны по своему содержанию и виду. Эти индексы имеют также наименьшее из всех 40 представленных индексов количество связей – только две из градации существенных (0,30-0,49) - **КАТ** (0,31) и **Еофрас** (0,30). Графическая иллюстрация временной изменчивости всех названных индексов указывает на почти полное отсутствие информативной ценности, поскольку визуально едва уловимая периодичность в изменчивости значений индексов укладывается к близкой нулю периодограмме.

## Литература

- Антонов А.Е. Природная циклоэнергетика // Гидрометеорологическое и рыбопромысловое прогнозирование. - СПб: Гидрометеоиздат, 2007. 216 с.
- Бендик А.Б., Яковлев В.Н. Структурные особенности атмосферных и океанических процессов в Юго-Восточной части Тихого океана // Монография. Калининград: АтлантНИРО, 2008. 154 с.
- Густоев Д.В. Долгопериодная изменчивость гидрометеорологических характеристик в окраинных морях России // Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. - СПб: РГГМУ, 2000. 173 с.
- Залесный В.Б., Ивченко В.О. Влияние аномальных режимов Южного океана на динамику экваториальных вод // Изв. РАН. Физ. атм. и ок., 2005, Т. 41, № 3. С. 341-359.
- Мохов И.И., Чон В.Ч. Межгодовая изменчивость и долгопериодные тенденции изменений центров действия атмосферы в северном полушарии. Анализ данных наблюдений // Изв. РАН. Физ. атм. и ок., 2005, Т. 41, № 6. С. 723-732.
- Смирнов Н.П., Воробьев В.Н. Северо-Тихоокеанское колебание и динамика климата в северной части Тихого океана // СПб: РГГМУ, 2002. 113 с.
- Якушев Д.И. Алгоритмы математического моделирования // СПб: МГП "Поликом", 2002. 99 с.
- A. Kumar, M.P. Hoerling. Prospects and eliminations of atmospheric GCM climate predictions // Bull. Am. Meteorol. Soc., 1995, V. 76. P. 335-345.