

Н.К. Барашкова

## Прогноз режима увлажнения в теплый период года на юге Западной Сибири

Томский государственный университет

Поступила в редакцию 7.06.2005 г.

Представлены результаты поиска прогностических зависимостей между характеристиками Южного (Эль-Ниньо) и Северо-Атлантического колебаний и режимом увлажнения теплого полугодия на станциях Томск, Омск, Барнаул, Колпашево.

Проблема долгосрочного прогноза погоды и климата не теряет своей актуальности, и попытки привлечь новые предикторы для этих целей по-прежнему актуальны. Прогноз любой метеорологической величины начинается с анализа синоптической ситуации на территории, а в случае прогноза на большие сроки речь идет об анализе характеристик общей глобальной циркуляции. С этих позиций в последнее время пристальное внимание наряду с традиционными показателями и объектами общей циркуляции атмосферы (ОЦА) уделяется таким явлениям глобального взаимодействия океана и атмосферы, как Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) и Северо-Атлантическое колебание (САК) [1–3].

В данной статье рассматривается возможность привлечения количественных показателей этих колебаний для прогноза режима увлажнения на станциях юга Западной Сибири. В качестве показателя увлажнения использован индекс Д.А. Педя ( $S_i$ ), учитывающий в комплексе термический режим и количество осадков на станции:

$$S_i = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta R}{\sigma_R},$$

где  $\Delta T$  и  $\Delta R$  – аномалии температуры и осадков за соответствующий период;  $\sigma_T$ ,  $\sigma_R$  – их среднеквадратические отклонения. Описание  $S_i$ , технология расчета и числовые критерии увлажненности приводятся в [5].

Итак, формирование экстремальных по увлажненности периодов связано, в первую очередь, с определенными циркуляционными процессами, показателями которых, по нашему мнению, могут служить характеристики Северо-Атлантического и Южного колебаний.

Понятия САК и ЭНЮК ввел известный британский ученый Дж. Уокер еще в начале 20-х гг. XX в.

Южным колебанием он назвал одну из колебательных систем атмосферной циркуляции, в которой происходит перемещение воздушных масс между индонезийским экваториальным центром низкого давления и субтропическим южно-тихоокеанским антициклоном.

В настоящее время существуют различные методы расчета интенсивности ЮК, но наиболее употребителен индекс SOI, который определяется с использованием нормированных аномалий приземного давления на о. Таити и в г. Дарвин (Австралия):

$$\delta_{gm} = \left( \frac{P_{gm} - P_m}{\varepsilon} \right)_{\text{Таити}} - \left( \frac{P_{gm} - P_m}{\varepsilon} \right)_{\text{Дарвин}},$$

где  $P_{gm}$  – фактическое давление,  $P_m$  – среднее многолетнее значение давления (норма);  $g$  и  $m$  – год и месяц соответственно. Вычисление индекса SOI осуществляется по следующей формуле:

$$\text{SOI} = \frac{\delta_{gm}}{\sigma},$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение всех разностей  $\delta_{gm}$ .

При отрицательных значениях индекса SOI формируется явление Эль-Ниньо, при положительных – Ла-Ниньо.

Понятие «Северо-Атлантическое колебание» подразумевает изменения поля давления и, как следствие, интенсивности зонального переноса над внетропической зоной Северной Атлантики. Для оценки интенсивности САК в 1984 г. Роджерс предложил использовать разность среднесезонных значений давления на станциях, находящихся в регионах многолетнего положения Азорского максимума и Исландской депрессии. Ее количественное выражение – индекс Северо-Атлантического колебания (NAO) – определяется как разность нормированных на стандартное отклонение аномалий приземного давления между Исландией (обычно Рейкьявик или Стиккисхоульмюр) и Азорскими островами (Понта-Дельгада), либо югом Пиренейского п-ва (Гибралтар или Лиссабон) и рассчитывается по формуле

$$\text{NAO} = \frac{\delta_{gm}}{\sigma_m},$$

где

$$\delta_{gm} = \left( \frac{P_{gm}^A - P_m^A}{\sigma_m^A} \right) - \left( \frac{P_{gm}^I - P_m^I}{\sigma_m^I} \right).$$

Здесь  $P_{gm}^A$ ,  $P_{gm}^I$  – среднемесячное значение давления воздуха,  $P_m$  – среднее многолетнее давление; А и И – Азорские острова и Исландия.

Согласно [6] при  $NAO > 0$  в зимнее время при усилении градиентов давления над Северной Атлантикой циклоны проходят по северо-западу и северу Европы и Сибири, образуя зону низкого давления, которая не позволяет арктическим вторжениям проникать в низкие широты и подпитывать, в частности, Сибирский антициклон, что ведет к его ослаблению. Так формируются экстремально теплые зимы в Европе с большим количеством осадков на северо-западе Европы, а также на севере Сибири и в южных районах Западной Сибири, куда при ослаблении Сибирского антициклона проникают циклоны с юга.

При  $NAO < 0$  зональный поток над Северной Атлантикой ослабевает и циклоны проходят по более южным траекториям, формируя положительные аномалии осадков на юге и юго-востоке Европы (так называемые южные и средиземноморские циклоны). Ослабление зонального переноса приводит к увеличению повторяемости арктических вторжений и формированию отрицательной аномалии температуры.

Многочисленные исследования САК и его вклада в климатическую изменчивость указывают на его первостепенную роль в механизме атмосферной циркуляции Северного полушария.

На рис. 1 приводится динамика среднегодовых значений (увеличенных в 10 раз) индексов SOI и NAO за период с 1935 по 1995 г., указывающая на то, что в Южном полушарии наметилась тенденция к уча-

щению явления Эль-Ниньо, а в Северной Атлантике преобладают с середины 1950-х гг. положительные значения NAO, т.е. наблюдается усиление в целом западного переноса и преобладание связанных с ним форм атмосферной циркуляции.

Исходным материалом для исследования связей ЮК и САК и режима увлажнения в Западной Сибири послужили сведения о среднемесячной температуре и месячных суммах осадков за 1960–1995 гг. по станциям Омск, Барнаул, Томск, Колпашево и среднемесячные индексы SOI и NAO за указанный период [4].

Предварительно нами было выявлено, что режим увлажнения в рассматриваемом районе имеет определенную связь с формами атмосферной циркуляции. В период до 1968 г., т.е. в эпоху смешанной (В + С) формы циркуляции по типизации Вангенгейма–Гирса, на всех станциях в апреле (рис. 2) и сентябре наблюдалось усиление интенсивности атмосферных засух, а в мае, августе – соответственно увеличение атмосферной увлажненности. В июне и июле станции имели разнообразный режим увлажнения, но Томск и Колпашево в целом характеризовались усилением атмосферных засух.

В период с 1969 по 1981 г. наблюдалась восточная форма, на всех станциях в апреле и сентябре в этот период снижалась интенсивность атмосферных засух, а в мае и августе усиливалась.

В следующий период (1982–1990 гг.), когда преобладала форма С, снова наметилась тенденция на усиление засушливости, особенно в Томске, Колпашево (июнь, июль) и ее ослабление в Барнауле, Омске. С 1991 г. преобладает западная форма (W) и наметилась тенденция на переувлажнение исследуемой территории в августе.

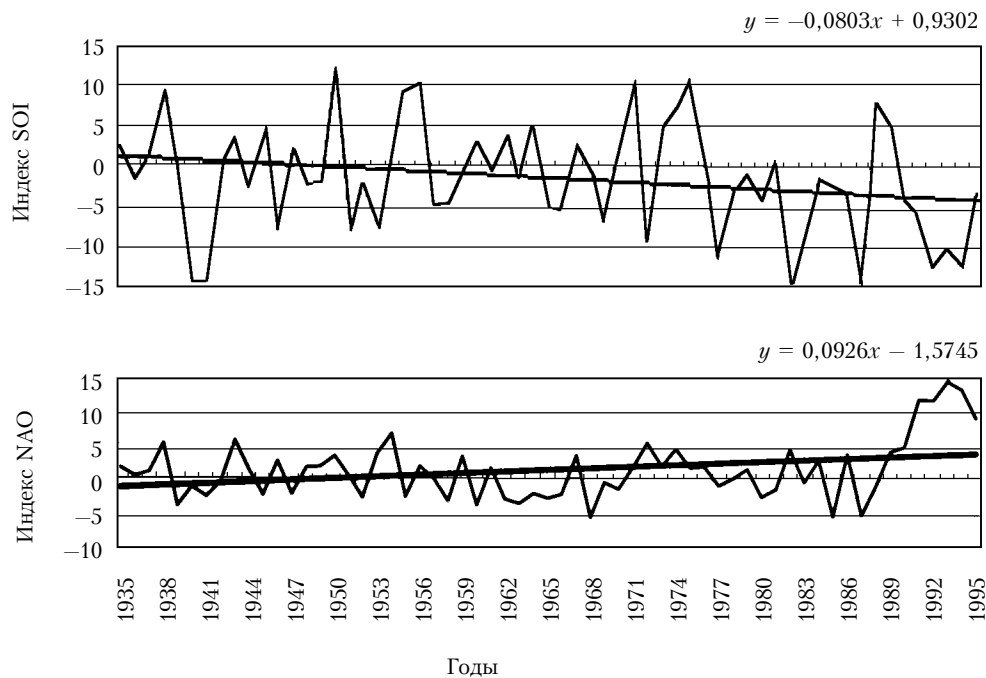


Рис. 1. Динамика явлений ЭНЮК и САК

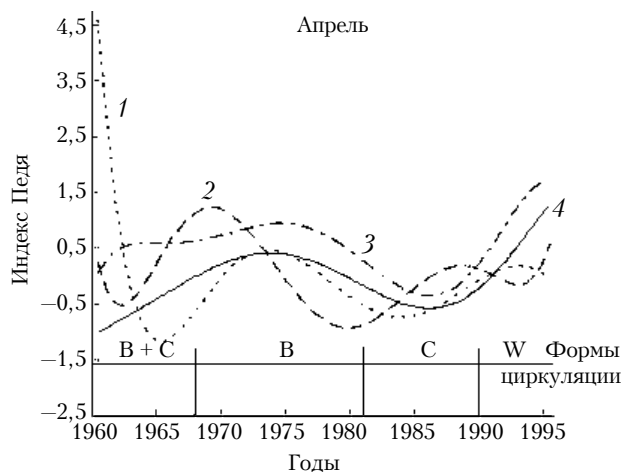


Рис. 2. Динамика индекса Педя в апреле и формы атмосферной циркуляции: 1 – Барнаул; 2 – Омск; 3 – Томск; 4 – Колпашево

Для поиска прогностических зависимостей между показателем  $S_i$  и индексами SOI и NAO привлекались корреляционный анализ (на этапе поиска информативных предикторов) и линейный дискриминантный анализ для построения прогностических уравнений. Поиск информативных предикторов (т.е. среднемесячных значений индексов SOI и NAO) осуществлялся с годовой заблаговременностью при дальнейшем уменьшении ее с шагом 1 мес. В результате были выделены периоды осуществления Южного и Северо-Атлантического колебаний, когда их влияние на условия погоды в Западной Сибири было наиболее вероятно, а коэффициенты корреляции с индексом  $S_i$  статистически значимы. В табл. 1 и 2 приводятся результаты асинхронного корреляционного анализа.

Видно, что информативными оказались преимущественно индексы SOI за холодный период года (ноябрь–февраль) и лишь для ст. Барнаул значимым для увлажненности февраля оказался индекс за июль. Наиболее высокие коэффициенты 0,77

(ст. Омск) и 0,71 (ст. Барнаул) указывают на достаточно высокий уровень корреляционных связей индекса SOI и погодных характеристик юга Западной Сибири.

Северо-Атлантическое колебание имеет большее число статистически значимых асинхронных связей с увлажнением региона (см. табл. 2). Самые высокие связи отмечены для ст. Омск (–0,73) и Томск (–0,69).

На следующем этапе проведено построение разделяющих линейных дискриминантных функций на основе выбранных предикторов (индексов SOI и NAO за ноябрь–январь) для прогноза класса атмосферной увлажненности (класс «норма» (Н) для  $-1 \leq S_i \leq 1$ , класс «увлажнение» (У)  $S_i < -1$ , класс «засуха» (З)  $S_i > 1$ ) в теплое полугодие по двухмесячным периодам апрель–май, июнь–июль, август–сентябрь для каждой из рассматриваемых станций. Ниже приводится список рассчитанных дискриминантных функций с наиболее высокой оправдываемостью отдельных классов увлажнений.

## Список дискриминантных функций

### Ст. Томск

*Апрель–май*

$$L(H, Z) = 0,070SOI_1 + 0,055NAO_1 + 0,083.$$

Оправдываемость классов «З» – 76,9%; «Н» – 61,5%; общая – 69,2%.

*Июнь–июль*

$$L(H, Z) = -0,022SOI_1 + 0,015NAO_1 + 0,004.$$

Оправдываемость классов «З» – 33,3%; «Н» – 88,8%; общая – 61,1%.

*Август–сентябрь*

$$L(H, Y) = 0,005SOI_1 + 0,044NAO_1 - 0,025.$$

Оправдываемость классов «У» – 52,9%; «Н» – 70,5%; общая – 61,7%.

Таблица 1

Коэффициенты значимой корреляции между индексами Педя и SOI

| Индекс SOI | Месяц | Омск        |       |       |       | Томск |   |      | Колпашево |      |       | Барнаул |      |       |      |
|------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|---|------|-----------|------|-------|---------|------|-------|------|
|            |       | Индекс Педя |       |       |       |       |   |      |           |      |       |         |      |       |      |
|            |       | Месяц       |       |       |       |       |   |      |           |      |       |         |      |       |      |
|            |       | 4           | 7     | 8     | 9     | 8     | 9 | 7    | 8         | 9    | 2     | 6       | 7    | 9     | 11   |
| Ля-Ниньо   | 1     |             | 0,66  |       |       |       |   | 0,62 |           |      |       |         |      | 0,71  | 0,44 |
|            | 2     |             | 0,38  |       |       | 0,37  |   |      |           |      |       |         |      | 0,34  | –0,6 |
|            | 3     |             |       |       |       |       |   |      |           | 0,58 |       |         |      |       |      |
|            | 4     |             |       |       |       |       |   |      |           |      |       |         |      |       |      |
|            | 7     |             |       |       |       |       |   |      |           |      |       |         | –0,4 |       |      |
|            | 11    | 0,42        | 0,77  |       | 0,71  |       |   |      |           |      |       |         |      | 0,67  |      |
| Эль-Ниньо  | 1     |             |       |       |       |       |   |      |           |      | –0,33 |         |      | –0,37 |      |
|            | 2     |             |       |       |       |       |   |      |           |      | –0,45 |         |      | –0,4  |      |
|            | 3     |             |       | –0,34 |       |       |   |      |           |      |       |         |      |       |      |
|            | 4     |             |       |       |       |       |   | 0,62 |           |      |       |         |      |       |      |
|            | 7     |             |       |       |       |       |   |      |           |      |       | 0,37    |      |       |      |
|            | 11    |             | –0,41 | –0,52 |       |       |   |      |           |      |       |         |      |       |      |
| 12         |       |             | –0,44 |       | –0,37 |       |   |      | –0,33     |      |       |         | –0,4 |       |      |

Коэффициенты значимой корреляции между индексами Педа и НАО

| Индекс НАО           | Омск                 |             |       |       |       |       |       |      |       |       |       | Томск |       |       |       |       | Колпашево |       |   |       |       | Барнаул |       |      |       |      |      |       |       |       |
|----------------------|----------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|---|-------|-------|---------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
|                      | Месяц                | Индекс Педа |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       |      |      |       |       |       |
|                      |                      | Месяц       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       |      |      |       |       |       |
|                      |                      | 1           | 2     | 3     | 5     | 7     | 8     | 10   | 11    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 1     | 2     | 3         | 4     | 5 | 7     | 10    | 11      | 1     | 2    | 3     | 4    | 5    | 6     | 10    | 11    |
| Положительный индекс | 1                    |             |       |       |       |       |       |      |       | 0,42  | 0,44  |       | 0,39  | 0,45  |       |       |           | 0,33  |   |       |       |         |       |      | 0,34  | 0,44 |      |       |       |       |
|                      | 2                    |             |       |       |       |       |       |      |       | 0,64  |       |       |       |       |       |       |           | 0,45  |   |       |       |         |       |      |       | 0,58 |      |       |       |       |
|                      | 3                    | 0,42        | 0,49  |       | 0,34  | 0,44  |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |           | 0,33  |   |       |       |         |       |      |       | 0,34 |      |       |       |       |
|                      | 4                    |             |       |       |       |       |       |      |       | 0,36  |       |       |       |       |       |       |           |       |   | 0,46  |       |         |       |      |       |      |      |       |       |       |
|                      | 7                    |             |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       | 0,49 |      |       |       |       |
|                      | 8                    | 0,37        | 0,61  |       |       |       |       | 0,5  |       | 0,39  |       |       |       |       |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       | 0,39 |      |       |       |       |
|                      | 9                    |             |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       |      | 0,39 | 0,33  |       |       |
|                      | 10                   |             |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       |      |      | -0,37 |       |       |
|                      | 11                   |             |       |       | -0,47 |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |           | -0,34 |   |       |       |         |       |      |       |      |      |       |       |       |
|                      | 12                   |             |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       | -0,35     |       |   |       |       |         |       |      |       |      | 0,39 |       |       |       |
|                      | Отрицательный индекс | 1           |       |       |       |       |       |      |       | 0,44  |       |       |       | 0,44  |       | 0,34  |           | 0,33  |   |       |       |         |       |      | 0,34  |      |      |       |       |       |
|                      |                      | 2           |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       | 0,46  |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       |      |      |       |       |       |
| 3                    |                      | -0,33       | -0,39 |       |       | -0,53 | -0,44 |      |       |       |       |       |       |       | -0,34 | -0,46 |           |       |   | -0,53 |       |         | -0,34 | -0,4 | -0,37 |      |      |       |       | 0,35  |
| 4                    |                      |             |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |           |       |   |       | -0,59 |         |       |      |       |      |      | -0,57 | -0,4  |       |
| 6                    |                      |             |       |       |       |       |       |      | 0,45  |       |       |       |       |       |       |       |           |       |   |       |       | 0,41    |       |      |       |      |      |       |       |       |
| 7                    |                      |             |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       |      |      |       | 0,34  |       |
| 8                    |                      |             | -0,39 | -0,73 |       |       |       | 0,44 | -0,33 |       |       |       |       |       |       | -0,39 |           |       |   |       |       | -0,34   |       |      |       |      |      | -0,44 | -0,34 | -0,33 |
| 9                    |                      |             |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       | -0,48 |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       |      |      |       |       |       |
| 10                   |                      | -0,45       |       |       |       |       |       |      |       | 0,48  |       |       |       |       |       | -0,43 |           |       |   |       |       |         |       | -0,4 | -0,33 | 0,33 |      |       | -0,42 |       |
| 11                   |                      |             |       |       | -0,39 |       |       |      |       | 0,51  |       |       |       |       |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       |      |      |       |       |       |
| 12                   |                      |             |       |       |       |       |       |      |       | -0,39 | -0,31 | -0,69 | -0,56 | -0,6  |       |       |           |       |   |       |       |         |       |      |       |      |      |       |       |       |

**Ст. Колпашево**

*Апрель–май*

$$L(H, Z) = 0,038SOI_{12} - 0,011NAO_{12} - 0,014.$$

Оправдываемость классов «З» – 76,4%; «Н» – 70,5%; общая – 73,5%.

*Июнь–июль*

$$L(H, Y) = 0,005SOI_{12} - 0,08NAO_1 + 0,037.$$

Оправдываемость классов «У» – 75,0%; «Н» – 62,5%; общая – 68,7%.

**Ст. Омск**

*Апрель–май*

$$L(H, Y) = 0,034SOI_1 + 0,0135NAO_1 - 0,024.$$

Оправдываемость классов «У» – 69,2%; «Н» – менее 50%.

**Ст. Барнаул**

*Апрель–май*

$$L(H, Z) = 0,005SOI_1 + 0,009NAO_1 + 0,035.$$

Оправдываемость классов «З» – 73,3%; «Н» – 73,3%; общая – 73,3%.

Для функций  $L(H, Z)$ , при  $L > 0$  прогнозируется засуха, при  $L < 0$  – класс «норма». Для функции  $L(H, Y)$  при  $L > 0$  – «норма», при  $L < 0$  – «увлажнение». Нижний индекс у предикторов указывает месяц, к которому относится используемый предиктор. Порядок использования полученных функций для прогноза по каждой станции и каждому двухмесячному интервалу следующий: рассчитывается дискриминантная функция между классами «Н» и «З»,

и если результат указывает на осуществление класса «З», то расчет заканчивается прогнозом засушливых условий. Если же получается указание на класс «Н», то переходят к расчету следующей дискриминантной функции между классами «Н» и «У». Результат, который получается в этом случае, будет окончательным.

В заключение необходимо отметить, что полученные зависимости можно рекомендовать к использованию при наличии в прогностических подразделениях соответствующей исходной информации о состоянии объектов ОЦА, рассматриваемых в данном исследовании.

1. *Барашкова Н.К.* Состояние глобальной циркуляции и экстремальные условия погоды на юге Западной Сибири // *Геогр. и природ. ресурсы.* 2002. № 3. С. 64–68.
2. *Груза Г.В., Ранькова Э.Л., Клеценко Л.К., Аристова Л.Н.* О связи климатических аномалий на территории России с явлением ЭНЮК // *Метеорол. и гидрол.* 1999. № 5. С. 32–51.
3. *Иванова-Шиц К.А., Соколичина Н.Н., Тарасова Л.Л.* Дальние связи между температурой поверхности тропической зоны Тихого океана и суммами осадков над Северным полушарием // *Метеорол. и гидрол.* 2000. № 11. С. 5–11.
4. *Мониторинг общей циркуляции атмосферы* / Под ред. А.И. Неушкина. Обнинск, 1997. 124 с.
5. *Педь Д.А.* О показателе атмосферной засухи и избыточного увлажнения // *Тр. Гидрометцентра СССР.* 1975. Вып. 156. С. 19–38.
6. *Попова В.В., Шмакин А.Б.* Влияние САК на многолетний гидротермический режим Северной Евразии // *Метеорол. и гидрол.* 2003. № 5. С. 3–8.

***N.K. Barashkova. Moistening conditions forecast for the mild period of year in the south of the West Siberia.***

The results of the search for prognostic dependencies between characteristics of ENSO and NAO and moistening conditions of the mild period at Tomsk, Omsk, Barnaul, and Kolpashevo are presented.