

И.С. Манжулей, Л.А. Куликова

**СЕВЕРО-АТЛАНТИЧЕСКОЕ КОЛЕБАНИЕ И ДОЛГОСРОЧНЫЙ
ПРОГНОЗ ОСАДКОВ ПО ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ**

I.S. Manzhuley, L.A. Kulikova

**NORTH ATLANTIC OSCILLATION AND THE LONG-TERM RAINFALL
FORECAST OVER EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA**

Впервые рассматриваются индексы Северо-Атлантического колебания (САК) по трем характеристикам центров азорского максимума и исландского минимума: по давлению, по широте и долготе. Проведена оценка прогностического потенциала САК на примере долгосрочного прогноза осадков по европейской территории России.

Ключевые слова: долгосрочный прогноз, осадки, Северо-Атлантическое колебание, Европейская территория России.

The indices of the North Atlantic Oscillation (NAO) at the three characteristics of the centers of the Azores maximum and the Icelandic minimum (pressure, latitude and longitude) are considered for the first time. Prognostic potential of the NAO was assessed by an example of long-term rainfall forecast for the European territory of Russia.

Key words: long-term forecast, rainfall, North Atlantic Oscillation, European territory of Russia.

В 20-х гг. Джон Уокер, автор «Мировой погоды», открыл три мировых колебания в поле атмосферного давления: Южное, Северо-Тихоокеанское и Северо-Атлантическое [2].

Северо-Атлантическое колебание (САК) — это циклическое чередование усиления и ослабления воздушных переносов в системе азорского антициклона и исландской депрессии [5, 6].

Причиной возникновения Северо-Атлантического колебания является взаимодействие океана и атмосферы, когда повышение температуры поверхности океана в тропической зоне приводит к усилению азорского антициклона и углублению исландской депрессии [7].

Для характеристики САК используются индексы САК. Чаще всего в качестве индексов берется разность давления в конкретных пунктах в районе Азорских островов и в районе Исландии (например, Понта-Делгада и Акюрейри) [5, 6].

В нашей работе в качестве характеристик САК используются три индекса, как разность характеристик ЦДА: по давлению, широте и долготе. Исходной информацией для расчета индексов САК служит база данных по ЦДА, созданная на кафедре ДАКЗ с 1873 по 2012 г. [9].

В качестве методики расчета индексов САК используется методика расчета индекса южного колебания, разработанная Центром климатических анализов Мирового метеорологического центра США [4]. Суть методики состоит в том, что рассчитываются

нормированные аномалии характеристик ЦДА, а затем определяются нормированные аномалии этих разностей:

$$\delta_{gm} = \left[\frac{x_{gm} - \bar{x}_m}{\varepsilon_m} \right]_{Az} - \left[\frac{x_{gm} - \bar{x}_m}{\varepsilon_m} \right]_{Is}, \quad (1)$$

где g — год; m — месяц; x_{gm} — фактическое значение; \bar{x}_m — среднее многолетнее значение (норма); ε_m — стандартное отклонение всех разностей δ_{gm} за период наблюдения; Az — азорский максимум; Is — исландский минимум.

$$I_{gm}(x) = \frac{\delta_{gm}}{\sigma_m}, \quad (2)$$

где σ_m — стандартное отклонение всех разностей δ_{gm} за период наблюдения.

Для характеристики САК создана база индексов САК по давлению, широте, долготе для каждого месяца за период с 1873 по 2012 г.

Изменение индекса САК по давлению приведено на рис. 1.

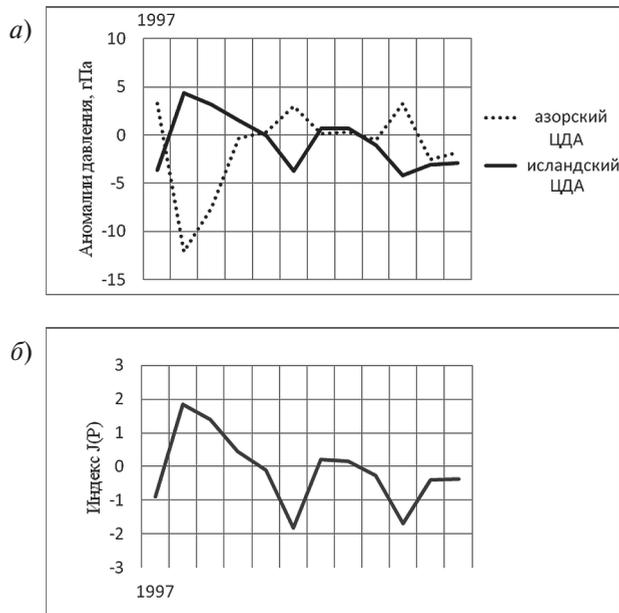


Рис. 1. Изменение индекса САК по давлению:

a — аномалии давления исландского минимума и азорского антициклона; *б* — индекс САК по давлению

Как следует из анализа данных рис. 1, если оба ЦДА усилены, то индекс САК положительен, а когда ЦДА ослабевают, то индекс САК отрицательный.

Аналогично для широты и долготы: если расстояние между ЦДА увеличивается, то индекс положителен, а когда расстояние между ЦДА сокращается, то индекс отрицателен.

Северо-Атлантическое колебание оказывает существенное влияние на климат Европы [3].

В качестве примера для использования индексов САК как потенциальных предикторов при долгосрочных прогнозах осадков выбрана Европейская территория России.

Источником информации для оценки режима осадков ЕТР служит архив Global Historical Climatology Network (GHCN), насчитывающий 20,5 тыс. станций [9]. Из них выбрано по территории ЕТР 199 станций и получены пространственно-осреднённые месячные и годовые суммы осадков.

Временное изменение режима осадков ЕТР в XX — начале XIX в. оценивается по линейному тренду. Положительное значение коэффициента тренда свидетельствует о росте осадков ЕТР в XX в. Тренд статистически значим на 5 %-ном уровне значимости. Статистическая значимость тренда проверена по критерию Стьюдента [8].

Наблюдаемое в настоящее время изменение климата характеризуется как «продолжающееся глобальное потепление», начало которого фиксируется с 1976 г. В контексте глобального потепления в настоящем исследовании особое внимание уделяется анализу тренда за период с этого года. С 1976 г. тенденция режима осадков ЕТР изменилась. Отмечается спад осадков по ЕТР. Аналогичная ситуация, как следует из второго Оценочного доклада об особенностях климата за 2014 г., наблюдается и по всей территории России [1]. Сезонные колебания тренда осадков по ЕТР приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тренды сезонных сумм осадков ЕТР за период 1976–2012 гг.

	Год	Весна	Лето	Осень	Зима
α	-0,0028	-0,0422	-0,3065	0,2568	-0,175

Как следует из анализа данных табл. 1, изменение режима осадков ЕТР происходит за счет трех сезонов: зимы, лета и весны. Осенью наблюдается противоположный тренд.

Для решения задачи долгосрочного прогноза осадков использовались равновероятные градации этой величины. Для этого ранжированы месячные суммы осадков ЕТР и выделены пять равновероятных градаций: значительно ниже нормы (ЗНН или В); ниже нормы (НН или b); около нормы (Н или N); выше нормы (ВН или a); значительно выше нормы (ЗВН или А). Интервалы градаций месячных сумм осадков ЕТР приведены в табл. 2.

Для оценки прогностического потенциала индексов САК при долгосрочном прогнозе осадков из экстремальных градаций осадков (В и А) выбраны 10 самых сухих и самых влажных лет, и по этому множеству лет рассчитаны индексы САК. Результаты расчета индексов САК при разных режимах осадков ЕТР приведены на рис. 3.

Индексы САК рекомендуются в качестве потенциальных предикторов долгосрочного прогноза осадков ЕТР в тех случаях, при которых наблюдаются противоположные знаки индексов САК при разных градациях осадков.

Для индексов САК по давлению, представленных на рис. 3, а, отмечаются различия при разных уровнях осадков ЕТР в феврале, июне, сентябре–ноябре. В эти месяцы при отрицательных значениях индекса САК отмечается высокий уровень осадков на территории ЕТР, при положительных значениях индексов САК — низкий.

Таблица 2

Интервалы градаций месячных сумм осадков (в мм) по ЕТР

Месяц	Градации				
	B	b	N	a	A
1	10-18	18-23	23-33	33-40	41-61
2	4-14	14-19	20-25	26-32	32-46
3	7-16	16-20	20-25	25-32	33-48
4	7-20	20-26	26-31	31-36	36-50
5	17-31	31-38	38-45	45-50	50-66
6	24-43	43-49	49-57	57-66	67-88
7	33-52	52-57	57-65	65-74	74-102
8	23-46	47-54	54-63	63-72	73-103
9	23-38	38-45	45-49	49-55	56-72
10	15-32	32-40	40-45	46-57	57-77
11	12-24	24-34	34-41	41-49	49-66
12	9-22	22-30	30-38	38-46	46-67
Год	314-403	405-466	467-522	523-567	567-663

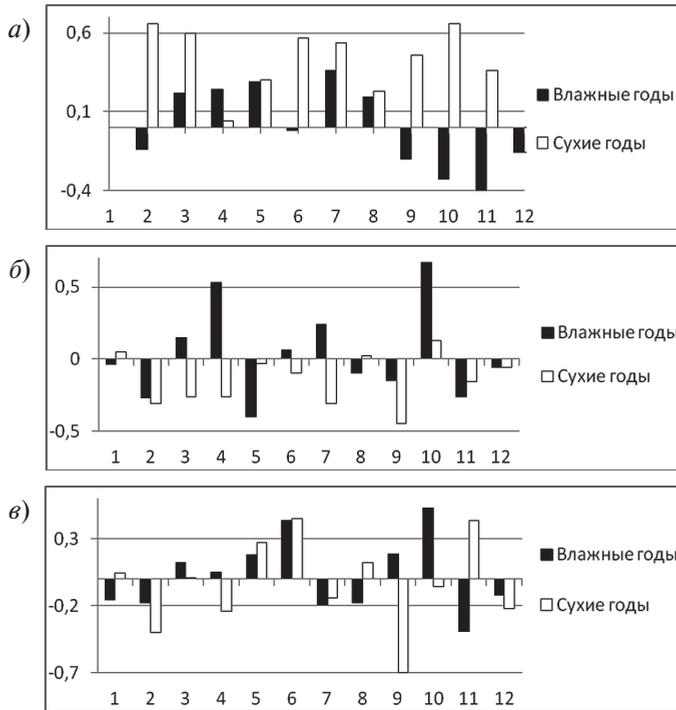


Рис. 3. Индексы САК при разных режимах осадков ЕТР:
a — индекс САК по давлению; *б* — индекс САК по широте; *в* — индекс САК по долготе

Противоположные знаки индексов САК по широте, представленных на рис. 3, б, при разных градациях осадков ЕТР отмечены в январе, марте, апреле, июне—августе. В январе и августе при отрицательных значениях индекса САК наблюдается избыток увлажнения, в остальные месяцы тенденция противоположна.

Для индексов САК по долготе, представленных на рис. 3, в, различия для сухих и влажных лет наблюдаются в январе, апреле, августе—ноябре. В январе, августе и ноябре при отрицательных значениях индекса САК отмечается высокий уровень осадков, в остальные месяцы — дефицит осадков.

В целом следует отметить, что наиболее информативным в качестве потенциального предиктора для долгосрочного прогноза осадков ЕТР является индекс САК по широте, при этом в холодный период года реакция индексов САК на режим увлажнения ЕТР наблюдается чаще.

Окончательный результат оценки прогностического потенциала индексов САК для долгосрочного прогноза осадков ЕТР приведен на рис. 4.

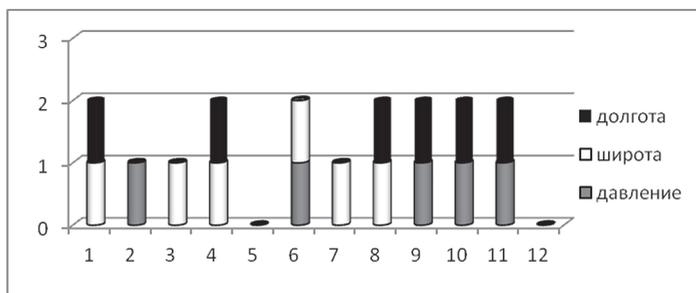


Рис. 4. Оценки прогностического потенциала индексов САК для долгосрочного прогноза осадков ЕТР

Как следует из рис. 4, из общего числа индексов САК выделено 17 потенциальных предикторов для долгосрочного прогноза осадков ЕТР.

Проведен экспериментальный расчет прогноза осадков ЕТР на февраль 2013 г. по гомологам, любезно предоставленным ААНИИ: 1985, 1951 и 1965 гг. По этим годам рассчитаны индексы САК, и по ним определена градация осадков для февраля.

На рис. 5 представлены результаты прогноза осадков ЕТР на февраль 2013 г.



Рис. 5. Схема прогноза осадков ЕТР на февраль 2013 г.

Совпадение градаций прогнозируемых и реальных данных позволяют считать полученный прогноз вполне успешным.

Созданную базу индексов САК можно рекомендовать в качестве предиктора для повышения качества долгосрочного прогноза режима увлажнения ЕТР.

Целесообразно продолжить оценку прогностического потенциала индексов САК для других регионов Российской Федерации и проанализировать индексы Северо-Тихоокеанского колебания по территории России.

Литература

1. Второй Оценочный доклад об особенностях климата и последствиях на территории РФ. Т. 1. Изменение климата. — М.: Росгидромет, 2014. — 218 с.
2. *Кондратович К.В.* Долгосрочные гидрометеорологические прогнозы в Северной Атлантике. — Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 184 с.
3. *Малинин В.Н., Гордеева С.М.* Североатлантическое колебание и увлажнение Европейской территории России // Общество. Среда. Развитие, 2014, № 2(31), с. 191–198.
4. Мониторинг общей циркуляции атмосферы. Под ред. Н. С. Сидоренкова // Труды ГМЦ, 1992, вып. 322. — 96 с.
5. *Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Качанов С.Ю.* Северо-Атлантическое колебание и климат. — СПб.: РГГМУ, 1998. — 119 с.
6. *Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Дроздов В.В.* Циклонический центр действия атмосферы и океана в Северной Атлантике // Учёные записки РГГМУ, 2010, № 15, с. 117–134.
7. *Хромов С.П.* Основы синоптической метеорологии. — Л.: Гидрометеоздат, 1948. — 696 с.
8. *Юл Дж.Э., Кендэлл М.Дж.* Теория статистики. — М.: Госстатиздат, 1960. — 778 с.
9. Global Historical Climatology Network (GHCN). — URL: <http://www.scd.ucar.edu/dss/catalogs/free.html>