
ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

*Д. А. Гурьянов**

Победитель конкурса поддержки публикационной активности молодых исследователей (проект 3.1.2, ПСР РГПУ им. А. И. Герцена)

РОЛЬ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Рассматриваются взаимосвязи изменчивости температуры воздуха в зимний период в Санкт-Петербурге и индексов атмосферной циркуляции в умеренных и высоких широтах Северного полушария. Делается попытка построения регрессионных моделей температурных рядов для зимнего периода с температурой выше и ниже нормы, а также для межгодовой изменчивости средней температуры зимнего периода.

Ключевые слова: Североатлантическое колебание, арктическое колебание, атмосферная циркуляция, температура воздуха.

D. Gurianov

The Role of Atmospheric Circulation in Variability of Air Temperature During Saint Petersburg Winter Period

The article discusses the relationship of variability in air temperature in the winter in St. Petersburg, and indexes of atmospheric circulation in the middle and high latitudes of the Northern Hemisphere. An attempt is made to build regression models of temperature series for the winter period with temperatures above and below the norm, as well as the interannual variability of the mean temperature of the winter season.

Keywords: the North Atlantic Oscillation, the Arctic oscillations, atmospheric circulation, air temperature.

Современное потепление наиболее активно проявляется в приполярных районах и умеренных широтах Северного полушария, особенно это заметно на Северо-Западе России, где рост температуры более чем в два раза больше, чем в среднем по полушарию [1]. Особенно заметно это потепление зимой. По данным Петербургской метеостанции, в последние десятилетия все чаще стали проявляться положительные аномалии температуры в зимний период: 7 из 11 зимних сезонов со средней температурой выше нормы приходятся на период с 1990 года, в то время как зима со средней температурой ниже нормы зарегистрирована всего однажды (табл. 1).

Зимние сезоны со средней температурой выше и ниже нормы в Санкт-Петербурге

Зимний сезон со средней T выше нормы		Зимний сезон со средней T ниже нормы	
Сезон	T	Сезон	T
1960–1961	-1,4	1955–1956	-10,8
1974–1975	-1,4	1959–1960	-7,9
1988–1989	-1,7	1962–1963	-8,7
1989–1990	-2,4	1965–1966	-9,1
1991–1992	-0,9	1967–1968	-8,3
1992–1993	-2,1	1968–1969	-7,2
1994–1995	-1,6	1978–1979	-8,0
1999–000	-2,3	1984–1985	-8,5
2006–2007	-1,1	1986–1987	-8,4
2007–2008	-0,3	1995–1996	-7,3
2008–2009	-2,0		

О характере потепления (похолодания) климата обычно судят по величине тренда (линейного или нелинейного) и его вкладу в межгодовую изменчивость температуры воздуха на основе средних годовых или среднемесячных данных метеорологических станций [2]. Однако календарные периоды осреднения не совпадают с естественными фазами развития климатических процессов. Для преодоления этих трудностей необходимо выделить климатические сезоны года, основываясь на данных среднесуточной температуры воздуха, что было сделано в в этой статье [1]. Описание массива данных, использованного в этой статье, можно найти в работе [2].

На основе полученных в работе [1] многолетних дат устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С для Санкт-Петербурга были определены средние даты этого перехода осенью и весной. В результате был выделен климатический зимний период для рассматриваемого промежутка времени, т. е. с 1950 по 2013 г. Для климатической зимы были рассчитаны значения средней температуры путем деления сумм среднесуточных температур на число дней зимнего периода, методика определения которого представлена ниже (рис. 1).

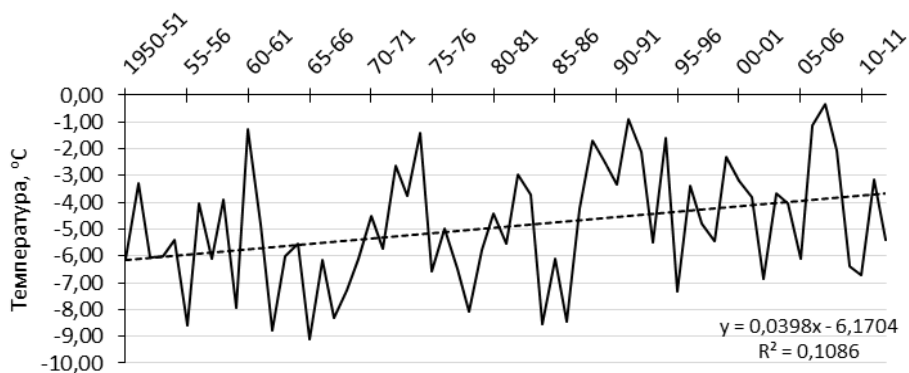


Рис. 1. Среднемноголетний тренд средней температуры за зимний период в Санкт-Петербурге

На представленном рисунке четко прослеживается положительный тренд значений средней температуры, что согласуется с результатами работы [1], где отмечался значительный сдвиг дат устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0 °С осенью и весной (15 и 10 дней соответственно) за рассматриваемый период и связанное с этим сокращение холодного периода года.

Известно [4], что крупномасштабные колебания атмосферной циркуляции, коррелированные в определенных областях (дальние связи), вносят большой вклад в низкочастотную изменчивость атмосферы в Атлантико-Европейском регионе. Для их количественного описания предложены индексы, которые рассчитываются по данным геопотенциала изобарической поверхности 700 или 500 гПа [6]. В связи с наблюдаемым положительным трендом зимних температур интересно проследить его связь с климатическими индексами. В данной работе были использованы индексы североатлантического колебания (САК) и арктического колебания (АК), как наиболее показательные характеристики колебаний режима погоды в умеренных широтах Северного полушария.

Арктическое колебание может быть интерпретировано как осцилляция атмосферных масс между Арктикой и средними широтами, связанная с усилением или ослаблением полярных вихрей. В положительной фазе колебания арктический центр действия атмосферы характеризуется пониженным давлением по сравнению с более низкими широтами (37–45° с. ш.), где давление, наоборот, повышено. Такое распределение давления способствует усилению зонального переноса и выносу теплых (в зимний период) и влажных океанических воздушных масс на западные и северо-западные части континентов. В результате там устанавливается теплая погода с частыми и обильными осадками. В отрицательной фазе давление над Арктикой повышено, что приводит к образованию больших по амплитуде атмосферных волн и к выносу охлажденного воздуха в умеренные широты. Движения воздуха приобретают меридиональную составляющую, западный перенос ослабляется или вовсе блокируется. При этом холодная сухая погода наблюдается в северных частях Северной Америки и Евразии, куда выносятся холодный арктический воздух. Циклоногенез в этой фазе ослаблен, часто случаются блокирующие ситуации с образованием высоких антициклонов.

Североатлантическое колебание (САК) является одной из важнейших характеристик крупномасштабной циркуляции атмосферы в Северном полушарии и представляет собой разность давления между Азорским максимумом и Исландским минимумом. Сущность САК заключается в изменении интенсивности геострофического зонального переноса воздушных масс с акватории Северной Атлантики на Европейский континент. Количественно это выражается в значениях индекса САК. Чем выше индекс, тем более ослабленной является меридиональная циркуляция и усиливается зональный перенос. Это положение определяется как положительная фаза колебания. Противоположная структура барического поля, когда центры действия атмосферы ослаблены, соответствует отрицательной фазе колебания и увеличению меридиональной составляющей атмосферных течений [4]. В данной работе были использованы суточные значения индексов САК и АК, что позволило, в отличие от используемых повсеместно среднемесячных значений, проследить более детально взаимосвязь климатических индексов и аномалий температуры и осадков.

В качестве исходной информации о температурных характеристиках зимнего сезона были выделены сезоны со средней температурой выше и ниже нормы. Температурная норма определялась как дисперсия исходного ряда среднесуточной температуры. Для определения границ зимнего сезона использовались данные о переходе среднесуточной температуры через 0 °С осенью и весной, полученные в работе [1]. Путем осреднения много-

летних дат перехода были высчитаны средние даты начала и конца климатического зимнего периода: за начало зимнего сезона принят 323-й день года, за конец — 83-й день следующего за ним года. Температурные значения зимних сезонов со средней температурой выше и ниже нормы были подвергнуты осреднению, в результате чего сформирован ряд среднеемноголетних суточных значений. Далее были высчитаны аномалии среднесуточных температур как разность между климатической нормой и полученными значениями осреднения для теплых и холодных зим.

Такой же процедуре были подвергнуты и выборки среднесуточных значений индексов САК и АК для тех же зимних сезонов, в которые наблюдались положительные и отрицательные аномалии температур. В результате были построены графики, на которых соотнесены кривые хода среднеемноголетних температурных аномалий и индексов САК и АК за зимний период (рис. 2).

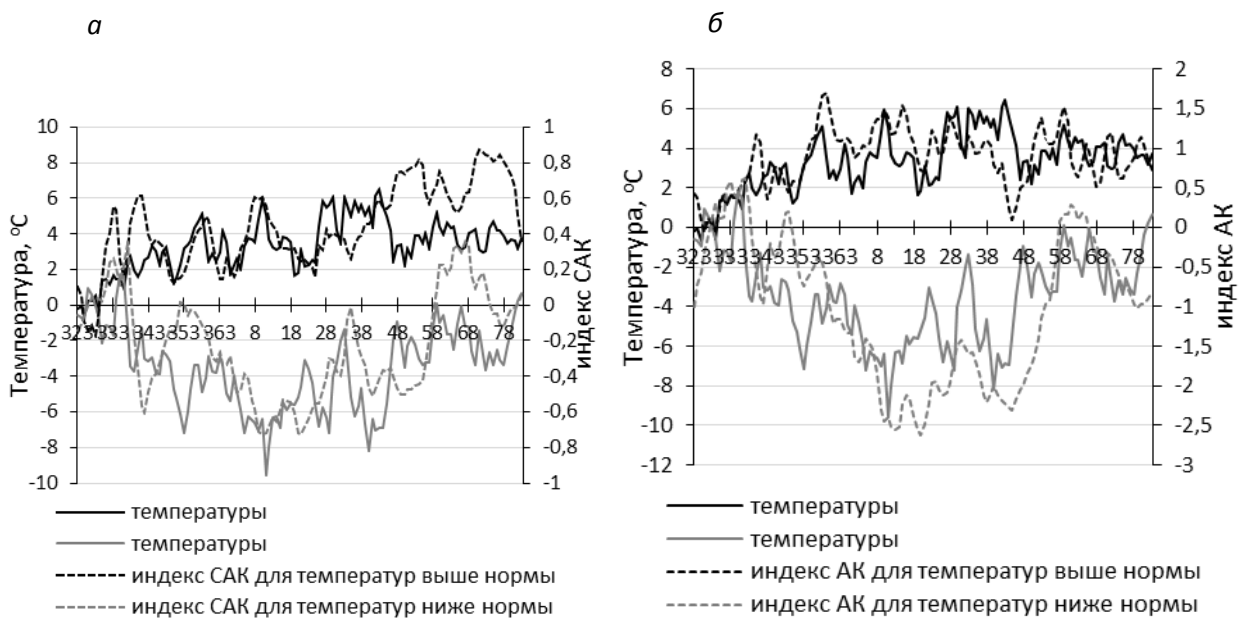


Рис. 2. Температурные аномалии и значения индекса: а — САК и б — АК

Первое, что обращает на себя внимание, — большая сопряженность хода температурных аномалий и обоих индексов. В целом для положительных аномалий температуры наблюдаются положительные значения обоих индексов, для отрицательных аномалий — отрицательные значения. Однако вместе с этим отмечается большая согласованность временного хода индекса АК по сравнению с САК. Временной ход индекса САК лишь в общем повторяет ход аномалий температуры.

Корреляционный анализ значений индексов САК и АК и аномалий температуры и осадков показал, что имеется прямая связь между значениями обоих индексов и аномалиями температуры, причем эта связь лучше выражена с отрицательными аномалиями, чем с положительными (коэффициенты корреляции 0,62 (САК) и 0,68 (АК) — для отрицательных аномалий и 0,48 (САК и АК) — для положительных аномалий). Таким образом, можно утверждать, что формирование отрицательных зимних аномалий температуры имеет большую связь с циркуляционной активностью Северного полушария, чем формирование положительных аномалий.

Корреляционный анализ показывает, что возможно построение регрессионных моделей для рядов положительных и отрицательных аномалий температуры, предикторам в которых являются значения индексов САК и АК (см. рис. 3). Для любой построенной модели необходимо провести качественную оценку, чтобы определить, насколько точно она отражает реальный ход той или иной величины. Мерой качества модели служат следующие параметры [2], представленные в табл. 2:

Таблица 2

Статистические параметры моделей временных рядов аномалий температуры

Показатель	R^2 (коэф. детерминации)	$\sigma_{y(x)}$, °C (стандартная ошибка модели)	F (критерий Фишера)	σ_y , °C (стандартное отклонение временного ряда)	Коэффициент корреляции с исходным рядом
Положительные аномалии	0,35	1,22	32,6	1,5	0,6
Отрицательные аномалии	0,47	1,7	55,5	2,3	0,7
Средняя температура	0,44	1,72	23,8	2,3	0,7

Регрессионная статистика показала, что все коэффициенты обеих моделей значимы при уровне значимости $\alpha = 0,05$, а сами модели адекватны генеральным данным. Обе модели по значениям стандартных ошибок являются приемлемыми. Значения R^2 показывают, что модель положительных аномалий описывает 35% дисперсии исходного ряда, а модель отрицательных аномалий — 47%. Отсюда можно сделать вывод о недостаточности независимых переменных для описания дисперсии исходного ряда. Корреляционный анализ исходных рядов и моделей показал, что модель отрицательных аномалий температуры лучше описывает исходный ряд, чем модель положительных аномалий.

Ниже приведены уравнения регрессии для положительных и отрицательных аномалий температуры в зимний периода, а также графики соответствия исходных рядов и их модельных оценок.

$$T_{пол} = 2,28САК + 1,45АК + 1,05;$$

$$T_{отп} = 1,47САК + 1,34АК - 1,78.$$

Также регрессионному анализу были подвергнуты межгодовые значения средней температуры. В качестве предикторов здесь также использовались индексы САК и АК, осредненные для зимнего периода. Модель оказалась адекватна генеральным данным, все коэффициенты модели значимы при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Значения R^2 показывают, что модель описывает только 44% дисперсии исходного ряда, независимых переменных недостаточно и необходим поиск более значимых предикторов (табл. 2). Ниже приведено уравнение регрессии для межгодовой изменчивости средней температуры.

$$T = 1,82САК + 1,07АК - 4,7.$$

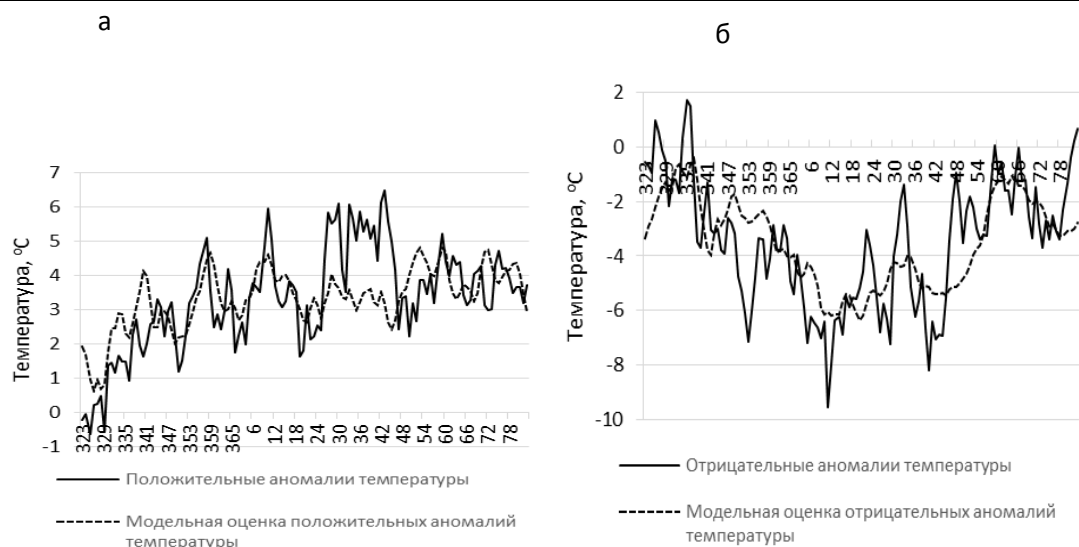


Рис. 3. Аномалии температур в зимний период: а — положительные и б — отрицательные и их модельные оценки

Из проделанной работы можно сделать следующие **выводы**: хотя САК и АК и отражают циркуляцию атмосферы умеренных и высоких широт Северного полушария и считается [4], что они оказывают наибольшее влияние на погоду и климат Атлантико-Европейского региона, модели, составленные на основе индексов этих колебаний, описывают до половины дисперсии исходного ряда. Очевидна невозможность описания температурных аномалий зимнего периода с помощью только индексов САК и АК. Помимо циклонической активности на погоду Северо-Запада немалое влияние оказывают и холодные сухие континентальные воздушные массы, антициклонический блокинг и другие факторы [5]. Таким образом, для составления качественных моделей необходим поиск более значимых предикторов, характеризующих влияние различных факторов, описывающих оставшуюся часть дисперсии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурьянов Д. А. Статистический анализ продолжительности сезонов года в Санкт-Петербурге // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. СПб., 2013. № 163. С. 107–113.
2. Малинин В. Н., Гурьянов Д. А. Структурные особенности формирования межгодовой изменчивости температуры воздуха в северо-западном районе России // Общество. Среда. Развитие. СПб., 2013. № 2(27). С. 227–233.
3. Малинин В. Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации: Учебник. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2008. 408 с.
4. Нестеров Е. С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан. М.: Триада, лтд, 2013. 144 с.
5. Хромов С. П., Петросяң М. А. Метеорология и климатология: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2012.
6. Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, seasonality and persistence of low frequency atmospheric circulation patterns // Mon. Wea. Rev. 1987. V. 115. P. 1083–1126.

REFERENCES

1. Gur'janov D. A. Statisticheskij analiz prodolzhitel'nosti sezonov goda v Sankt-Peterburge // Izvestija RGPU im. A. I. Gertsena. SPb., 2013. № 163. S. 107–113.

2. Malinin V. N., Gur'janov D. A. Strukturnye osobennosti formirovaniya mezhgodovoj izmenchivosti temperatury vozduha v severo-zapadnom rajone Rossii // Obshchestvo. Sreda. Razvitie. SPb., 2013. № 2(27). S. 227–233.
3. Malinin V. N. Statisticheskie metody analiza gidrometeorologicheskoy informacii: Uchebnik. SPb.: Izd-vo RGGMU, 2008. 408 s.
4. Nesterov E. S. Severoatlanticheskoe kolebanie: atmosfera i okean. M.: Triada, ltd, 2013. 144 s.
5. Hromov S. P., Petrosjants M. A. Meteorologija i klimatologija: Uchebnik. M.: Izd-vo MGU, 2012.
6. Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, seasonality and persistence of low frequency atmospheric circulation patterns // Mon. Wea. Rev. 1987. V. 115. P. 1083–1126.

В. Н. Лебедев*

Победитель конкурса поддержки публикационной активности молодых исследователей (проект 3.1.2, ПСР РГПУ им. А. И. Герцена)

АССОЦИАТИВНЫЕ ШТАММЫ БАКТЕРИЙ КАК СОВРЕМЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ВЫРАЩИВАНИЯ КАПУСТНЫХ РАСТЕНИЙ

*В вегетационных и полевых опытах с тремя сортами горчицы белой установлена перспективность применения ассоциативных ризобактерий. Наилучшие результаты получены при использовании бактериальных препаратов: мизорина (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7) и флавобактерина (*Flavobacterium sp.*, штамм Л 30).*

Ключевые слова: фиксация молекулярного азота, инокуляция, продуктивность, минеральное питание, стимуляция роста.

V. Lebedev

Associative Strains of Bacteria as a Modern Element of Greening the Cultivation of Cabbage Plants

*In vegetative and field experiments with three grades of white mustard the potential of associative rhizobacteria application has been determined. The best results are received when using the following bacterial preparations: mizorin (*Arthrobacter mysorens*, strain 7) and flavobacterin (*Flavobacterium sp.*, strain L 30).*

Keywords: nitrogen fixation, inoculation, productivity, mineral nutrition.

Горчица белая — *Sinapis alba* L. — одна из ценных сельскохозяйственных культур из семейства капустных, имеющая масличное, кормовое и медоносное и сидеральное значение, способная обогащать почву усвояемыми формами азота и фосфора. Важным фактором экономически и экологически выгодного расширения посевов этой культуры является разработка и применение современных технологий ее выращивания.

Одним из перспективных приемов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур является предпосевная инокуляция семян штаммами ассоциативных бактерий, способных стимулировать ростовые процессы растений, улучшать их минеральное питание, повышать фитоиммунитет и устойчивость к неблагоприятным воздействиям [1; 3; 5; 6; 7].

Вместе с тем для каждого вида и даже сорта растений необходим подбор своего штамма, который наиболее соответствует биологическим особенностям растительного ор-