

АРКТИЧЕСКИЕ ВТОРЖЕНИЯ ПО Б.Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКОМУ И ЭЛЬ-НИНЬО – ЮЖНОЕ КОЛЕБАНИЕ

Холопцев А.В.¹, Кононова Н.К.²

¹ д. геогр. н., профессор, Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова», Севастополь, Россия, e-mail: kholoptsev@mail.ru

² к. геогр. н., ФГБУН «Институт географии Российской Академии наук», Москва, Россия, e-mail: NinaKononova@yandex.ru

Аннотация. Изучены статистические связи межгодовых изменений суммарной продолжительности существования арктических вторжений, которые формируются в те или иные месяцы в различных секторах Северного полушария, с вариациями некоторых глобальных климатических индексов, которые характеризуют состояние процесса Эль-Ниньо – Южное Колебание. Выявлены условия, при которых эти связи являются значимыми и статистически устойчивыми.

Ключевые слова: арктическое вторжение, Эль-Ниньо – Южное Колебание, корреляция, глобальные климатические индексы

ВВЕДЕНИЕ

Атмосферная циркуляция – важнейший климатообразующий фактор, поэтому выявление особенностей её влияния на различные природные процессы является актуальной проблемой метеорологии и климатологии.

Наибольший интерес решение этой проблемы представляет в отношении компонентов атмосферной циркуляции, которые положены в основу тех или иных подходов к типизации ее структур. Одними из таких компонентов являются арктические вторжения, которые соединяют на время одних суток и более арктический антициклон с тем или иным субтропическим антициклоном. Подобные полосы повышенного давления, которые могут возникать в различных секторах Северного полушария, в том числе и над Россией, существенно нарушают западный перенос воздушных масс и при большой продолжительности своего существования способны приводить к возникновению в соответствующих его регионах засух и некоторых других метеорологических аномалий. Количество таких барических гребней, а также их расположение является одним из важнейших признаков, позволяющих осуществить типизацию атмосферной циркуляции в Северном полушарии в соответствии с подходом, который в 1946 г. был предложен Б.Л. Дзердзеевским [6]. Даже при малой продолжительности своего существования рассматриваемые барические неоднородности могут иметь протяженность в несколько тысяч километров и ощутимо влиять на атмосферную циркуляцию и погоду во многих регионах нашей планеты. Чем дольше они существуют, тем сильнее создаваемый ими блокирующий эффект и влияние на физико-географические процессы [22].

Данный подход к типизации атмосферной циркуляции уже многие десятилетия успешно применяется в климатологии. За это время с его использованием опубликовано уже несколько сотен научных работ, в которых рассматривается влияние циркуляции атмосферы на природные процессы [28]. Все это обуславливает целесообразность рассмотрения арктических вторжений как самостоятельного объекта исследования.

Выявленные к настоящему времени особенности арктических вторжений позволяют рассматривать их как специфические отклики на некоторые взаимодействия в системе «океан-атмосфера» [2, 18]. К числу наиболее мощных их проявлений относится процесс Эль-Ниньо – Южное Колебание (далее ЭНЮК), который был впервые описан Г.Т. Уолкером [29] г.

Принято считать, что ЭНЮК наиболее существенно влияет на метеоусловия в тропической зоне нашей планеты [16, 17]. Вместе с тем значимые отклики на него возникают и в регионах умеренных широт [3, 12, 13, 20]. Это позволяет предположить, что между ними при некоторых условиях могут существовать взаимосвязи.

Несмотря на то, что выявлению особенностей влияния ЭНЮК на многие процессы в системе океан-атмосфера посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов, связи вариаций состояния этого процесса с изменениями продолжительности существования арктических вторжений в тех или иных секторах Северного полушария ранее не рассматривались. Тем не менее, не противоречит ранее установленным фактам гипотеза: **имеются сектора Северного полушария, где межгодовые изменения суммарной продолжительности арктических вторжений значимо статистически связаны с вариациями характеристик процесса ЭНЮК, которые опережают их по времени.**

Так как выявление подобных связей позволило бы использовать результаты мониторинга ЭНЮК при прогнозировании вариаций суммарной продолжительности арктических вторжений, а также связанных с ними гидрометеорологических и физико-географических процессов, проверка адекватности данной гипотезы представляет существенный теоретический и практический интерес. Поэтому целью данной работы является ее проверка, а также выявление условий, при которых межгодовые изменения суммарной продолжительности арктических вторжений в каком-либо секторе Северного полушария значимо статистически связаны с вариациями тех или иных характеристик процесса ЭНЮК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Согласно современным представлениям об ЭНЮК [4, 11, 13, 15, 23], данный процесс проявляется во многих геофизических полях, тем не менее, наиболее информативными его характеристиками являются глобальные климатические индексы (ГКИ), которые определяются теми или иными особенностями распределения поверхностных температур и атмосферного давления над приэкваториальной зоной Тихого океана. В том числе среднемесячными значениями поверхностных температур соответствующих районов приэкваториальной зоны части Тихого океана определяются ГКИ Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 и Niño 3.4.

Район, по которому рассчитывают ГКИ Niño 1+2, расположен в Южном полушарии, непосредственно у западного побережья Южной Америки. Он ограничен параллелями 0 и 10S и меридианами 90W и 80W.

Значения ГКИ Niño 3 вычисляют для района, расположенного западнее пересекаемого по центру экватором. Данный район находится в восточной части Тихого океана, ограничен параллелями 5N и 5S, и меридианами 150W и 90W.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 4(21), 2016

Через район, по которому определяют ГКИ Niño 4, проходит не только экватор, но и линия перемены дат. Этот район расположен в центральной части Тихого океана, ограничен параллелями 5N и 5S и меридианами 160E и 150W.

Для района Тихого океана, который ограничен параллелями 5N и 5S и меридианами 170W и 120W, вычисляют значение ГКИ Niño 3.4.

Положительные значения каждого из этих индексов означают развитие Эль-Ниньо (или теплой фазы ЭНЮК), его отрицательные значения соответствуют холодной фазе ЭНЮК, или Ла-Нинья.

Особенностями распределения атмосферного давления над приэкваториальной зоной Тихого океана определяется значение индекса Южного колебания – SOI, который был предложен Г.Т. Уолкером [29]. Этот индекс вычисляется как разность атмосферного давления над пунктами Таити и Дарвин (Австралия). Отрицательные значения индекса свидетельствуют о фазе Эль-Ниньо, а положительные – Ла-Нинья.

Используют также комбинированные индексы, к которым относятся:

✓ TNI – разность нормированных аномалий температур поверхности океана в регионах, для которых рассчитывают ГКИ Niño4 и Niño1+2 [26];

✓ MEI – интегральный многомерный индекс. Он рассчитывается как первый главный компонент в базисе 6-ти переменных, которые регистрируются над тропической зоной Тихого океана. Этими переменными являются:

- приповерхностное давление;
- зональный и меридиональный компонент приповерхностного ветра;
- температура поверхности океана;
- температура приповерхностного воздуха;
- облачность.

В последние годы все большую популярность приобретают также комбинированные ГКИ Best и ONI. Информация о значениях всех этих индексов за период с января 1950 г. содержится в базе данных [27].

Для каждого сектора Северного полушария определены ЭЦМ, при которых формируются арктические вторжения. Перечень подобных ЭЦМ для каждого сектора представлен в таблице 1.

Таблица 1. ЭЦМ, при которых в различных секторах Северного полушария формируются арктические вторжения [5, 9]

№	Сектор	ЭЦМ
1	Атлантический (60° W – 0)	3, 8а, 8бл, 8гз, 8гл, 9а, 12а, 12бз, 12бл
2	Европейский (0 – 60° E)	4а, 4б, 4в, 8бз, 10а, 10б, 12вз
3	Сибирский (60° E – 120° E)	5а, 5б, 5в, 5г, 8бз, 8бл, 8вз, 8вл, 8гз, 8гл, 11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12бл, 12вз, 12вл, 12г
4	Дальневосточный (120° E - 170° E)	5а, 5б, 5в, 5г, 8бз, 11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12вз, 12вл, 12г
5	Тихоокеанский (170° E - 120° W)	6, 8вз, 8вл, 9а, 12а, 12г
6	Американский (120° W -60° W)	7аз, 7ал, 7бз, 7бл, 8а, 10а, 10б, 11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12бл, 12вз, 12вл, 12г

Из таблицы 1 следует, что из секторов, в которых расположена Россия, наибольшее количество ЭЦМ, при которых формируются арктические вторжения, соответствует Сибирскому и Дальневосточному секторам, а наименьшее – Европейскому сектору. По этой таблице, а также временным рядам [28], которые отражают межгодовые изменения суммарной продолжительности существования тех или иных ЭЦМ в различных месяцах за период 1899 – 2015 гг., для каждого сектора и каждого месяца определена суммарная продолжительность арктических вторжений.

Для проверки адекватности выдвинутой гипотезы изучены статистические связи межгодовых изменений всех рассматриваемых индексов ЭНЮК в том или ином месяце с вариациями суммарной продолжительности арктических вторжений в каждом секторе, которые запаздывают по отношению к ним на 0-12 месяцев. При этом использован метод корреляционного анализа [1]. В рассматриваемых рядах предварительно компенсированы их линейные тренды. Это позволило приближенно оценить значимость статистических связей между ними с использованием критерия Стьюдента [8].

Рассматриваемая статистическая связь признавалась значимой, если значение коэффициента парной корреляции сопоставляемых фрагментов временных рядов превышало по модулю уровень 95% порога достоверной корреляции по этому критерию. При определении значения этого порога учитывалось число степеней свободы сопоставляемых рядов, которое определено по их автокорреляционным функциям [1].

Как известно, существенным фактором дисперсии отклонений выборочного коэффициента парной корреляции двух временных рядов от значения, вычисленного для всей генеральной совокупности, является не только их нестационарность, но и длина соответствующих выборок. Чем их длина меньше, тем слабее влияние эффектов нестационарности, но значение этой дисперсии больше [10]. Поэтому при оценке устойчивости всех выявленных таким образом статистических связей изучена зависимость их характеристики от длины интервалов времени, по которым она оценена, а также от расположения этих интервалов в пределах периода 1950-2014 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

В соответствии с описанной методикой, изучены статистические связи между изменениями на различных отрезках времени, относящихся к периоду 1950-2014 гг., значений различных индексов ЭНЮК, которые соответствуют каждому месяцу, и запаздывающими по отношению к ним по времени вариациями суммарной продолжительности арктических вторжений в тех или иных секторах Северного полушария.

Установлено, что статистические связи межгодовых вариаций всех индексов ЭНЮК, кроме TNI, с изменениями суммарной продолжительности арктических вторжений являются значимыми и устойчивыми лишь при условии, что последние располагаются в океанических секторах Северного полушария: – Тихоокеанском и Атлантическом. Для ГКИ TNI подобных связей не выявлено.

В Тихоокеанском секторе изучаемые связи являются значимыми и устойчивыми только в декабре, январе и феврале.

В качестве примера в таблице 2 приведены значения коэффициента корреляции временных рядов всех индексов ЭНЮК, для которых их уровни превышают 95% порог достоверной корреляции по критерию Стьюдента, с рядами суммарной продолжительности арктических вторжений в Тихоокеанском секторе в декабре, январе и феврале. Эти значения рассчитаны для рядов таких индексов ЭНЮК за разные месяцы для периода 1950-2014 гг. для случаев, когда они опережают по времени ряды продолжительности арктических вторжений в Тихоокеанский сектор на 0-11 месяцев.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 4(21), 2016

Таблица 2. Значения коэффициента парной корреляции временных рядов индексов ЭНЮК, с суммарной продолжительностью арктических вторжений в Тихоокеанский сектор в период 1950-2014 гг.

Арктические вторжения в Тихоокеанский сектор в декабре. 95% порог = 0,24								
Месяц индекса ЭНЮК	Niño 1+2	Niño 3	Niño 4	Niño 34	SOI	Best	MEI	Oni
Декабрь	-	-	-0,210	-	0,220	-0,205	-	-
Ноябрь	-	-	-0,247	-	0,112	-0,160	-	-
Октябрь	-	-	-0,294	-	0,303	-0,264	-	-
Сентябрь	-	-	-0,311	-	0,353	-0,270	-	-
Август	-	-	-0,230	-	0,332	-0,231	-	-
Июль	-	-	-0,160	-	0,084	-0,098	-	-
Июнь	-	-	-0,090	-	0,138	-0,070	-	-
Май	-	-	-0,050	-	0,185	-0,097	-	-
Апрель	-	-	0,022	-	0,044	-0,015	-	-
Март	-	-	0,047	-	0,006	0,051	-	-
Февраль	-	-	0,043	-	-0,031	0,079	-	-
Январь	-	-	0,058	-	-0,207	0,167	-	-
Арктические вторжения в Тихоокеанский сектор в январе. 95% порог = 0,24								
Январь	-	-	-0,300	-0,248	0,200	-0,265	-0,268	-0,250
Декабрь	-	-	-0,243	-0,258	0,232	-0,258	-0,282	-0,239
Ноябрь	-	-	-0,235	-0,240	0,207	-0,224	-0,286	-0,231
Октябрь	-	-	-0,224	-0,219	0,281	-0,270	-0,311	-0,199
Сентябрь	-	-	-0,209	-0,163	0,173	-0,172	-0,269	-0,181
Август	-	-	-0,138	-0,187	0,068	-0,125	-0,221	-0,168
Июль	-	-	-0,116	-0,173	0,110	-0,161	-0,225	-0,171
Июнь	-	-	-0,095	-0,144	0,193	-0,140	-0,286	-0,174
Май	-	-	-0,136	-0,180	-0,011	-0,075	-0,226	-0,198
Апрель	-	-	-0,118	-0,238	0,100	-0,165	-0,317	-0,237
Март	-	-	-0,168	-0,254	0,177	-0,232	-0,294	-0,240
Февраль	-	-	-0,171	-0,224	0,231	-0,249	-0,235	-0,208

Арктические вторжения в Тихоокеанский сектор в феврале. 95% порог = 0,24								
Февраль	-0,271	-0,348	-0,254	-0,334	0,371	-0,378	-0,330	-0,336
Январь	-0,245	-0,339	-0,299	-0,359	0,184	-0,298	-0,324	-0,354
Декабрь	-0,327	-0,336	-0,318	-0,352	0,326	-0,335	-0,366	-0,329
Ноябрь	-0,318	-0,294	-0,317	-0,296	0,330	-0,328	-0,353	-0,320
Октябрь	-0,311	-0,305	-0,352	-0,329	0,212	-0,307	-0,379	-0,302
Сентябрь	-0,214	-0,279	-0,367	-0,311	0,345	-0,344	-0,374	-0,317
Август	-0,181	-0,270	-0,357	-0,343	0,355	-0,346	-0,359	-0,328
Июль	-0,106	-0,251	-0,392	-0,360	0,272	-0,318	-0,315	-0,346
Июнь	-0,091	-0,255	-0,337	-0,333	0,302	-0,335	-0,301	-0,319
Май	-0,030	-0,138	-0,312	-0,229	0,315	-0,309	-0,194	-0,256
Апрель	-0,014	-0,061	-0,296	-0,192	0,173	-0,190	-0,130	-0,188
Март	-0,037	-0,087	-0,228	-0,154	0,132	-0,159	-0,079	-0,127

Как следует из таблицы 2, влияние межгодовых вариаций состояния ЭНЮК на изменения суммарной продолжительности арктических вторжений в Тихоокеанский сектор усиливается от декабря к февралю. Сдвиг по времени между рассматриваемыми процессами, при котором связи между ними являются значимыми, также возрастает от 2-4 месяцев для вторжений в декабре до 10 месяцев для вторжений в феврале.

В декабре наиболее сильным и продолжительным является влияние индекса SOI, в январе – MEI, в феврале – Niño 4.

В Атлантическом секторе рассматриваемые связи являются значимыми и устойчивыми лишь для ноября (Табл. 3).

Расчёты проведены для рядов индексов ЭНЮК для периода 1950-2014 гг. для случаев, когда они опережают по времени ряды суммарной продолжительности арктических вторжений на 0-11 месяцев.

Таблица 3. Значения коэффициента парной корреляции временных рядов индексов ЭНЮК с суммарной продолжительностью арктических вторжений в Атлантический сектор в ноябре в период 1950-2014 гг.

Арктические вторжения в Атлантический сектор в ноябре. 95% порог = 0,24								
Месяц индекса ЭНЮК	Niño 1+2	Niño 3	Niño 4	Niño 34	SOI	Best	MEI	Oni
Ноябрь	-0,444	-0,424	-0,374	-0,401	0,396	-0,419	-0,442	-0,381
Октябрь	-0,412	-0,402	-0,358	-0,367	0,449	-0,445	-0,449	-0,347
Сентябрь	-0,348	-0,308	-0,364	-0,308	0,394	-0,411	-0,410	-0,310

Арктические вторжения в Атлантический сектор в ноябре. 95% порог = 0,24								
Август	-0,221	-0,250	-0,322	-0,298	0,377	-0,358	-0,366	-0,275
Июль	-0,104	-0,194	-0,249	-0,269	0,241	-0,277	-0,296	-0,252
Июнь	-0,050	-0,160	-0,191	-0,231	0,244	-0,272	-0,276	-0,218
Май	-0,009	-0,113	-0,168	-0,195	0,194	-0,251	-0,119	-0,182
Апрель	0,043	-0,063	-0,111	-0,180	0,125	-0,155	-0,098	-0,122
Март	0,003	-0,032	-0,071	-0,077	0,124	-0,110	-0,051	-0,050
Февраль	0,023	0,011	-0,061	-0,019	-0,000	-0,013	-0,017	0,006
Январь	0,043	0,033	-0,030	0,007	-0,027	0,002	-0,035	0,027
Декабрь	-0,012	0,008	-0,102	-0,008	0,053	-0,081	-0,061	-0,008

Из таблицы 3 видно, что наиболее сильными являются связи межгодовых вариаций за 1950-2014 гг. суммарной продолжительности арктических вторжений в Атлантический сектор с изменениями индексов MEI и Best. С последним связи являются значимыми при наибольших временных сдвигах между этими процессами.

Из сравнения таблиц 2 и 3 видно, что ноябрь, для которого межгодовые изменения суммарной продолжительности арктических вторжений в Атлантический сектор значимо связаны с вариациями рассматриваемых индексов ЭНЮК, опережает по времени декабрь-февраль, для которых аналогичные связи выявлены в Тихоокеанском секторе. Поэтому связи, представленные в таблице 3, не могут быть следствием влияния изменений суммарной продолжительности арктических вторжений в Тихоокеанский сектор на вариации той же характеристики в Атлантическом секторе.

Последние могут быть откликом на процесс, происходящий в Атлантическом секторе, который соответствующим образом связан с ЭНЮК.

При оценке статистической устойчивости выявленных связей установлено, что в обоих секторах она снижается по мере уменьшения длины отрезков времени, для которых оцениваются их характеристики. Последнее обусловлено в основном проявлением эффектов ограниченности выборки.

Учитывая рекомендации [14], целесообразно как минимально допустимую рассматривать длину упомянутых отрезков, соответствующую периоду времени 16 лет. Поэтому зависимость значений коэффициента парной корреляции рассматриваемых процессов от года начала временных интервалов, по которым они оцениваются, целесообразно рассмотреть на примере интервалов такой длины.

На рисунке 1 в качестве такого примера приведены 16-летние скользящие средние значений коэффициента парной корреляции годовых вариаций суммарной продолжительности арктических вторжений в Атлантический сектор в ноябре с изменениями ГКИ Niño 1+2, которые опережают их по времени на 0-5 месяцев.

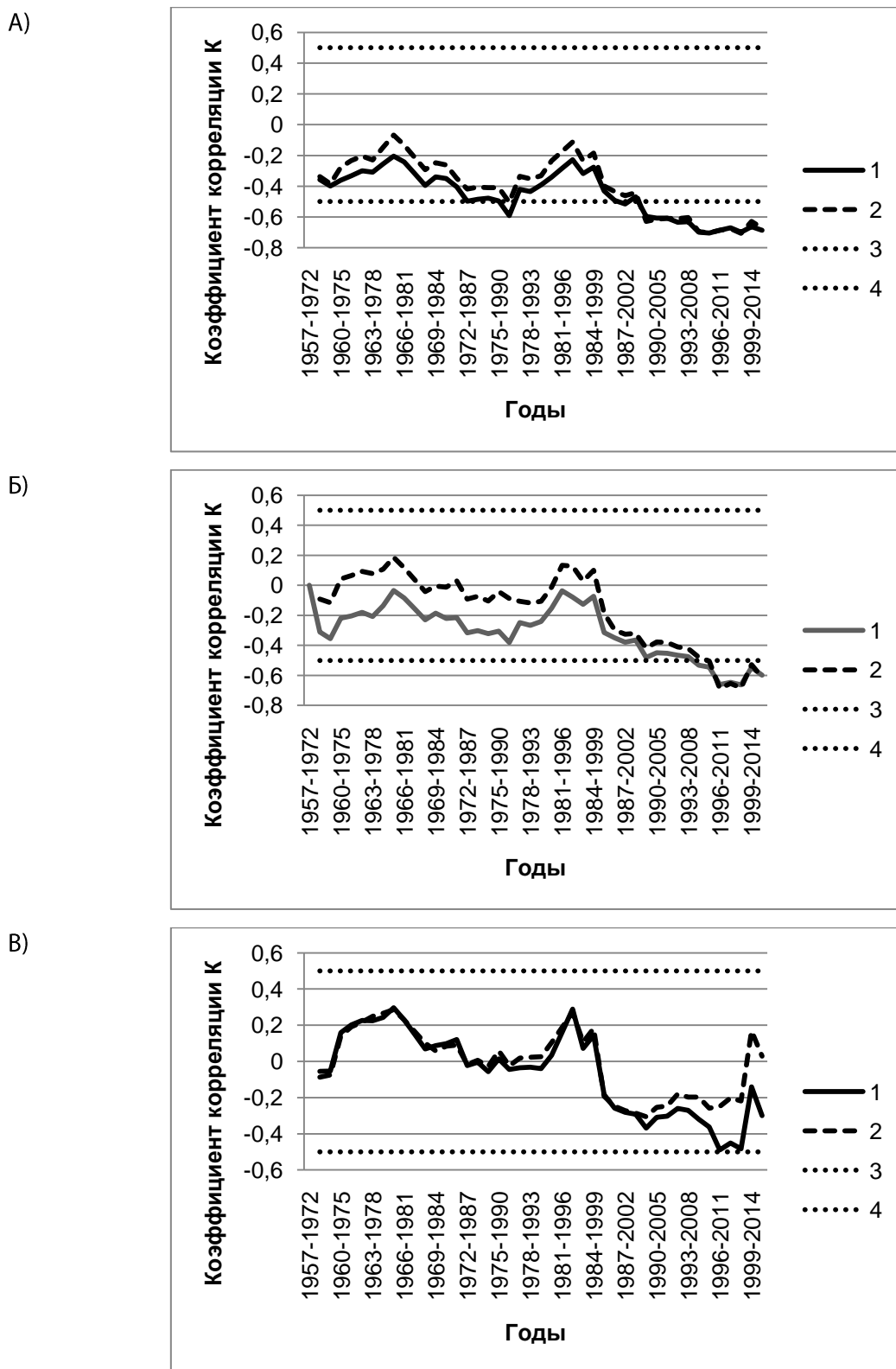


Рис. 1. 16-летние скользящие средние коэффициенты парной корреляции межгодовых вариаций суммарной продолжительности арктических вторжений в Атлантический сектор в ноябре с изменениями индекса Niño1+2, которые опережают их по времени: А) на 0 - 1 месяц, Б) на 2-3 месяца, В) на 4 – 5 месяцев за третью циркуляционную эпоху (1957-2014 гг.). А): 1 – смещение 0 месяцев, 2 – смещение 1 месяца; Б): 1 – смещение на 2 месяца, 2 – смещение на 3 месяца; В): 1 – смещение на 4 месяца, 2 – смещение на 5 месяцев; 3, 4 на всех рисунках – уровни, соответствующие 95% и -95% порогу достоверной корреляции по критерию Стьюдента.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 4(21), 2016

Из рисунка 1А и 1Б следует, что в рассматриваемом примере статистические связи межгодовых вариаций суммарной продолжительности арктических вторжений в Атлантический сектор в ноябре с изменениями индекса Niño 1+2 могут быть значимы лишь при временных сдвигах между этими процессами 0-3 месяца.

Последнее имеет место, если год начала рассматриваемого скользящего окна относится к интервалу, длина которого тем меньше, чем больше упомянутый временной сдвиг. Как видно из рисунка 1А, ее значение максимально (15 лет) при сдвиге между ними, равно нулю.

Важной особенностью зависимостей, представленных на рисунке 1А, оказывается проявляющаяся в период 1983-2014 гг. при сдвиге 0-3 месяца тенденция к увеличению значений модуля коэффициента парной корреляции рассматриваемых процессов, которая является устойчивой. Последнее позволяет предполагать, что и в ближайшем будущем выявленные связи межгодовых изменений суммарной продолжительности арктических вторжений в Атлантическом секторе в ноябре с вариациями ГКИ Niño 1+2, которые опережают их по времени на 0-3 месяца, будут становиться все более значимыми.

Установлено, что при увеличении длины отрезков времени, по которым оцениваются значения коэффициента корреляции между рассматриваемыми процессами, временные сдвиги, при которых их связи являются значимыми, не изменяются. При этом продолжительность временного интервала, к которому может относиться год начала таких отрезков, тем больше, чем больше их длина.

Аналогичные особенности свойственны также связям межгодовых изменений суммарной продолжительности арктических вторжений в ноябре в Атлантический сектор с вариациями всех прочих рассматриваемых ГКИ. При этом наиболее устойчивыми являются связи изучаемого процесса в Атлантическом секторе с вариациями индекса MEI. Они же являются значимыми для наиболее широкого временного интервала лет сопоставляемых рядов (16-65 лет).

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследование связей между вариациями поверхностных температур акваторий приэкваториальной зоны Тихого океана, которые обусловлены ЭНЮК, с метеорологическими процессами в некоторых регионах, которые удалены от экватора, впервые было осуществлено Я. Бьеркнесом. В 1966 г. он выявил значимые связи подобных вариаций с изменениями атмосферного давления в антициклоне острова Пасхи, а также в барической депрессии над Индонезией и Северной Австралией [20].

Принято считать, что влияние ЭНЮК на атмосферную циркуляцию в умеренных широтах обусловлено процессами, происходящими в меридиональной вертикальной ячейке Хэдли [20, 23, 25], а также распространением волн Россби [24].

ЭНЮК порождает существенные вариации распределения поверхностных температур в акваториях, которые расположены в приэкваториальной зоне Тихого океана. Вследствие этих вариаций над такими акваториями изменяется атмосферное давление. Его изменения здесь возбуждают крупномасштабное барическое колебание (волну Россби), которое распространяется в обе стороны от экватора, что приводит к возникновению аномалий во внетропической циркуляции как Северного, так и Южного полушария [17]. В том числе подобные аномалии возникают и над северными регионами Тихого океана, над которыми могут существовать и арктические блокинги.

Откликом на повышение поверхностной температуры приэкваториальной зоны Тихого океана, который порождает положительная фаза ЭНЮК, является снижение атмосферного давления в Алеутском минимуме, а также повышение атмосферного давления над Канадой [23, 25].

Во время, когда фаза ЭНЮК отрицательна, над Чукотским и Баренцевым морем атмосферное давление повышается. Это, по-видимому, и приводит к увеличению суммарной продолжительности арктических вторжений.

Последнее объясняет наличие значимой отрицательной корреляции межгодовых вариаций суммарной продолжительности арктических вторжений в Тихоокеанский сектор со всеми рассматриваемыми ГКИ, кроме SOI, для которого она по понятным причинам значима и положительна.

Влияние ЭНЮК на гидрометеорологические процессы в Северном полушарии ощущается не только в его Тихоокеанском секторе. Выявлены отклики на него, которые проявляются также в Атлантическом и Европейском секторе [3, 11, 15].

Установлено, что ЭНЮК оказывает здесь влияние на глобальный температурный градиент экватор – полюс, а также на шторм-треки североатлантических и средиземноморских циклонов. Выявлена связь ЭНЮК с Североатлантическим колебанием (далее САК) [3, 11].

Это позволяет предположить, что процессом, который обуславливает связь межгодовых изменений суммарной продолжительности арктических вторжений в Атлантическом секторе с вариациями индекса ЭНЮК, является САК.

Для проверки адекватности данного предположения таким же образом проанализированы статистические связи изучаемого процесса в Атлантическом секторе с вариациями индекса САК, а также последних с межгодовыми изменениями индексов ЭНЮК. При этом как фактический материал об этих изменениях использована база данных NOAA [27].

Установлено, что связи межгодовых изменений суммарной продолжительности арктических вторжений в Атлантический сектор с вариациями индекса САК, которые оценены по отрезкам временных рядов этих процессов длиной от 16 до 65 лет, могут являться значимыми, а корреляция отрицательна, лишь при условии, что они совпадают по времени. При этом сила подобных связей в различные месяцы разная (ее максимумы приходятся на май или июнь).

В качестве примера на рисунке 2 приведены средние месячные значения коэффициента корреляции рассматриваемых процессов, оцененные по отрезкам их временных рядов за период 1950-2014 гг.

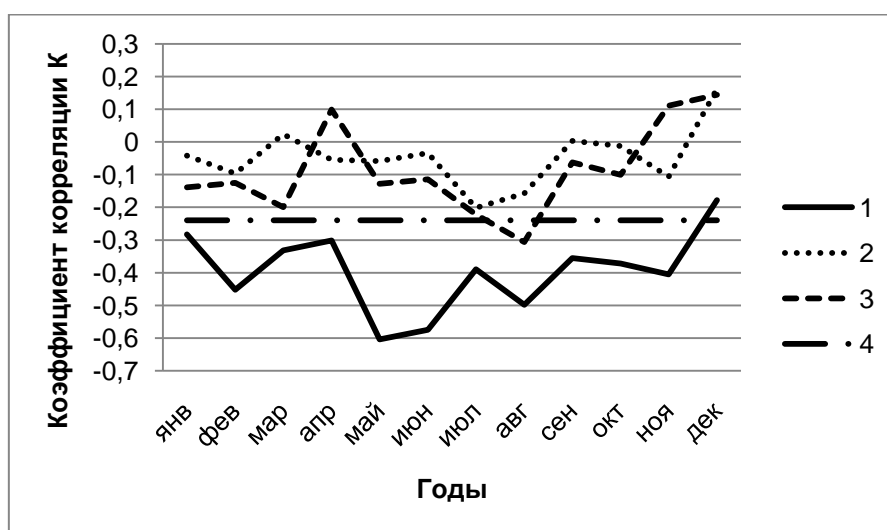


Рис. 2. Связь коэффициента корреляции межгодовых изменений суммарной продолжительности арктических вторжений в Атлантический сектор с вариациями индекса САК за период 1950-2014 гг.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 4(21), 2016

Из рисунка 2 следует, что значимая отрицательная корреляция межгодовых изменений состояния САК с вариациями суммарной продолжительности арктических вторжений в Атлантический сектор имеется лишь при нулевых сдвигах между ними и во все месяцы, кроме декабря.

Установлено, что значимая статистическая связь в период 1950-2014 гг. межгодовых изменений индекса САК с вариациями состояния ЭНЮК существует только в ноябре и лишь, если эти процессы совпадают по времени.

Это подтверждает таблица 4, где приведены значения коэффициента парной корреляции межгодовых изменений индекса САК, которые соответствуют ноябрю, с вариациями всех рассматриваемых индексов ЭНЮК, оцененных за период 1950-2014 гг. при сдвигах между ними от 0 до 11 месяцев.

Таблица 4. Характеристики связей САК в ноябре и ЭНЮК (1950-2014)

Сдвиг, (мес.)	SOI	MEI	BEST	NIÑO3	NIÑO4	NIÑO34	ONI	NIÑO1+2
0 (нояб.)	-0,254	0,233	0,225	0,191	0,190	0,182	0,172	0,152
1 (окт.)	-0,194	0,215	0,196	0,152	0,195	0,158	0,142	0,088
2 (сен.)	-0,281	0,181	0,211	0,079	0,166	0,104	0,110	0,026
3 (авг.)	-0,254	0,170	0,144	0,058	0,135	0,092	0,093	-0,001
4 (июл.)	-0,099	0,111	0,111	0,057	0,123	0,113	0,100	-0,006
5 (июн.)	-0,065	0,085	0,126	0,048	0,164	0,120	0,117	-0,074
6 (май)	-0,159	0,094	0,154	0,049	0,136	0,125	0,102	-0,053
7 (апр.)	-0,047	0,039	0,063	0,028	0,064	0,072	0,077	0,011
8 (мар.)	0,001	0,063	-0,007	0,032	0,029	0,051	0,052	-0,008
9 (фев.)	-0,104	0,049	0,031	0,066	0,042	0,052	0,037	0,030
10 (январь)	0,074	0,026	-0,049	-0,004	0,048	0,029	0,016	-0,080
11 (дек.)	-0,046	0,038	0,019	-0,020	0,093	0,012	0,012	-0,041

Из таблицы 4 следует, что в период 1950-2014 гг. признаваемая значимой с достоверностью 95% отрицательная корреляция межгодовых изменений индекса САК в ноябре имела место лишь с вариациями индекса SOI при сдвигах между этими процессами 0, 2 и 3 месяца. Практически достигает того же уровня значения положительная корреляция изучаемого процесса с межгодовыми вариациями ГКИ MEI и BEST.

Данная таблица свидетельствует о том, что связи САК и ЭНЮК, выявленные в XX веке [3, 11], обладают устойчивостью и продолжают существовать также в XXI веке. Из нее следует, что изменения состояния САК в наибольшей степени связаны с вариациями поля атмосферного давления над приэкваториальной зоной Тихого океана, которые характерны для Южного колебания.

Сопоставление таблиц 3 и 4, а также рисунка 2 показывает наличие соответствия между ними. Как видим из таблицы 3, значимая корреляция межгодовых изменений ноябрьских значений индексов САК и SOI отрицательна. Из рисунка 2 видно, что корреляция межгодовых изменений ноябрьских значений индексов САК и вариаций суммарной продолжительности арктических вторжений в

ноябре в Атлантическом секторе также значима и отрицательна. Поэтому корреляция межгодовых изменений ноябрьских значений индекса SOI и вариаций продолжительности арктических вторжений в ноябре в Атлантическом секторе значима и положительна (что следует и из таблицы 2).

Таковы причины отрицательной корреляции межгодовых изменений ноябрьских значений других индексов ЭНЮК с вариациями суммарной продолжительности арктических вторжений в ноябре в Атлантический сектор. Следовательно, рисунок 2 и таблица 4 подтверждают адекватность рассматриваемого предположения. Они свидетельствуют о том, что влияние ЭНЮК на арктические вторжения в Атлантический сектор обусловлено существованием значимых связей ЭНЮК и САК, а также САК и арктических вторжений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, установлено:

1. Межгодовые изменения состояния ЭНЮК могут значимо влиять на вариации суммарной продолжительности арктических вторжений, которые формируются лишь в океанических секторах Северного полушария: Тихоокеанском и Атлантическом.
2. На арктические вторжения в Тихоокеанский сектор это влияние оказывается значимым лишь в декабре, январе и феврале. Оно является наиболее сильным в феврале и значимым при временных сдвигах между изучаемыми процессами 0 – 10 месяцев.
3. На арктические вторжения в Атлантический сектор влияние ЭНЮК оказывается значимым лишь в ноябре при временных сдвигах между изучаемыми процессами 0 – 6 месяцев.
4. Выявленные статистические связи, оцененные как значимые, в XXI веке усиливаются, что позволяет предполагать возможность их эффективного использования при прогнозировании изменений суммарной продолжительности арктических вторжений в соответствующие месяцы в Тихоокеанский и Атлантический сектора, а также обусловленных ими физико-географических процессов.

Библиографический список:

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. — М.: Юнити. – 1998. – 1022 с.
2. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А. О существенных различиях крупномасштабных изменений приземной температуры над океанами и материками // *Океанология*. – 2006. – Т. 46, № 2, С. 165-177.
3. Воскресенская Е.Н., Полонский А.Б. Северо-Атлантическое колебание и явления Эль-Ниньо // *Морской гидрофизический журнал*. – 1992. – № 4. – С. 23-30.
4. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Клещенко Л.К., Аристова Л.Н. О связи климатических аномалий на территории России с явлением Эль-Ниньо-Южное колебание // *Метеорология и гидрология*. – 1999. – № 5. – С. 32-51.
5. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии // *Материалы метеорологических исследований*. изд. ИГ АН СССР и Междувед. Геофиз. Комитета при Президиуме АН СССР. М. – 1968. – 240 с.
6. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // *Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР*. Сер. 2. Синоптическая метеорология; Вып. 21. Центральный институт прогнозов. – М., Л.: Гидрометиздат, 1946. – 80 с.
7. Железнова И.В., Гущина Д.Ю. Отклик глобальной циркуляции атмосферы на два типа Эль-Ниньо // *Метеорология и гидрология*. – 2015. – № 3. – С. 36-50.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 4(21), 2016

8. Закс Ш. Теория статистических выводов./ Ш. Закс. Пер. а снгл. Е.В. Чепурина; под ред. Ю.К. Беляева. – М.: Мир, 1985. – 776 с.
- 9.. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / отв. ред. А.Б. Шмакин; Российская акад. наук, Ин-т географии. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
- 10.. Крамер Г. Математические методы статистики. – М. Мир, 1975. – 648 с.
11. Мохов И.И., Смирнов Д.А. Исследование взаимного влияния процессов Эль-Ниньо-Южное колебание и Северо-Атлантического и Арктического колебаний нелинейными методами // Известия РАН, Физика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 42, № 5. – С. 650 – 667.
12. Мохов И.И. Блоклинги в Северном полушарии и Евро-Атлантическом регионе: оценки изменений по данным реанализа и модельным расчетам /И.И. Мохов, М.Г. Акперов, М.А. Прокофьева // Доклады Академии наук. – 2013. – Т. 449, № 5. – С. 1-5.
13. Мохов И.И. , Тимажев А.В. Климатические аномалии в регионах Евразии: эффекты явлений Эль-Ниньо/ Ла-Нинья // ДАН. – 2013. – Т. 453, № 2. – С. 211-214.
14. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3, часть. III. Служба морских гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 143 с.
15. Нестеров Е.С. Изменчивость характеристик атмосферы и океана в атлантико-европейском регионе в годы событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья // Метеорология и гидрология. – 2000. – № 8. – С. 74-83.
16. Петросянц М.А., Гущина Д.Ю. Крупномасштабное взаимодействие глобальной циркуляции атмосферы с температурой поверхности экваториального Тихого океана // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 12. – С. 5-22.
17. Петросянц М.А., Семенов Е.К., Гущина Д.Ю., Соколихина Е.В., Соколихина Н.Н. Циркуляция атмосферы в тропиках: климат и изменчивость. – М.: Макс Пресс, 2005. –670 с.
18. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата. – Киев: Наукова думка, 2008. –184 с.
19. Шакина Н.П. Блокирующие антициклоны: современное состояние исследований и прогнозирование // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 11. – С. 5-18.
20. Bjercknes J. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of Ocean temperature // Tellus. – 1966. – vol. 18, no. 4. – pp. 820-829.
21. Bjercknes J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific // Mon.Wea. Rev. – 1969. – vol. 97. – pp. 163-172.
22. Cherenkova Elena A., Kononova Nina K., Muratova Nadiya R.. Summer drought 2010 in the European Russia // Geography, Environment, Sustainability Journal. Russian Geographical Society, Faculty of Geography M.V. Lomonosov Moscow University, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences. – 2013. – vol. 06, no 01. – pp. 55-66.
23. Held I.M.S., Lyons S.W. and Nigam S. Transients and the extratropical response to El Nino. // J. Atmos. Sci. – 1989. – vol. 46. – pp. 163-174.
24. Horel. J.D., Wallace J. M. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation // Mon. Wea. Rev. – 1981. – vol. 109. – pp. 813-829.
25. Lau N.C. Modeling the seasonal dependence of the atmospheric response to served El Niños in 1962-76 // Mon. Wea. Rev. – 1985/ – vol. 113. – pp. 1970-1996.
26. Trenberth K.E., Stepaniak D.P. Indices of El Niño evolution // J. Clim. – 2001. – vol. 14. – pp. 1601-1624.

27. База данных NOAA о значениях глобальных климатических индексов. [Электронный ресурс].

URL: <http://www.esrl.noaa.gov/data/climateindices/list/for> info

28. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века [Электронный ресурс] / URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru>

29. Walker Gilbert. World weather // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. – April 1928. – vol. 54, no. 236.

ARCTIC INVASION ACCORDING TO BL DZERDZEEVSKII AND EL-NINO – SOUTHERN OSCILLATION

Kholoptcev A. V.¹, Kononova N. K.²

¹ Dr. Sci. (Geography), professor, Sevastopol branch of State Oceanographic Institute named after N. N. Zubov, Sevastopol, Russia

² Cand. Sci. (Geography), Institute of Geography of the Russian Academy of Science, Moscow, Russia

Abstract. The statistical relationships of interannual changes in the total duration of arctic blocking which are formed in certain months in the various sectors of the Northern Hemisphere and variations of the some global climatic indices which characterize the state of the process El-Niño – Southern Oscillation were studied. The conditions under which those links are significant and statistically robust were identified.

Key words: Arctic Blocking, El-Niño – Southern Oscillation, global climatic indices

References:

1. Ajvazjan S.A., Mhitarjan V.S. *Prikladnaja statistika i osnovy jekonometriki*. M.: Juniti, 1998, 1022 p.

2. Byshev V.I., Nejman V.G., Romanov Ju.A. O sushhestvennyh razlichijah krupnomasshtabnyh izmenenij prizemnoj temperatury nad okeanami i materikami. *Okeanologija*, 2006, vol.46, no. 2, pp. 165-177.

3. Voskresenskaja E.N., Polonsky A.B. Severo-Atlanticheskoe kolebanie i javlenija El-Niño. *Morskoy gidrophizichesky jurnal*, 1992, no. 4, pp. 23-30.

4. Gruza G.V., Rankova E.J., Kleschenko L.K., Sokolihina E.V., Sokolihina N.N. Cirkuljacija atmosfery na territorii Rossii s javlenijem El-Niño- Jujnoe Kolebanie. *Meteorologija i gidrologija*, 1999, no. 5, pp. 32-51.

5. Dzerdzeevskij, B.L. Cirkuljacionnye mehanizmy v atmosfere Severnogo polusharija v XX stoletii. *Materialy meteorologicheskikh issledovanij*. M, 1968, 240 p.

6. Dzerdzeevskij B.L. Tipizacija cirkuljacionnyh mehanizmov v severnom polusharii i harakteristika sinopticheskikh sezonov. *Tr. N.-i. uchrezhdenij Gl. upr. Gidrometeorol. Sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR. Ser.2 Sinopticheskaja meteorologija*, 1946, no. 21, P. 80.

7. Jeleznova I.V., Guschina D.J. Otklik globalnoy cirkuliacii atmosfery na dva tipa El-Niño. *Meteorologija i gidrologija*, 2015, no. 3, pp. 36-50.

8. Zaks Sh., *Teorija ststisticheskikh vivodov*. Per s angl. E.V. Chepurina; pod red. U.K. Beljaeva. M.: Mir, 1985, 776 p.

9. Kononova N.K. Klassifikacija cirkuljacionnyh mehanizmov Severnogo polusharija po B.L. Dzerdzeevskomu. *Otv. red. A.B. Shmakin; Rossijskaja akad. nauk, In-t geografii*. M.: Voentehinizdat, 2009, 372 p.

10. Kramer G. *Matematicheskie metody statistiki*. M. Mir, 1975, 648 p.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 4(21), 2016

11. Mohov I.I., Smirnov D.A. Issledovanie vzaimnogo vlijaniya processov El-Nino – Jujnoe Kolebanie i Severo-Atlanticheskogo i Arcticheskogo kolebanij nelinejnymi metodami. *Izvestija RAN, Fizika atmosfery i okeana*, 2006, vol.42, pp. 650 – 667.
12. Mohov I.I. Blokingi v Severnom polusharii i Evro-Atlanticheskom regione: ocenki izmenenij po dannym reanaliza i modelnym raschetam. I.I. Mohov, M.G. Akperov, M.A. Prokofeva. *Doklady Akademii nauk*, 2013, vol. 449, no. 5, pp. 1-5.
13. Mohov I. I., Timazjov A. V. Klimaticheskie anomalii v regionah Evrazii: efekty javleniy El-Niño/ La-Niño. *Doklady Akademii nauk*, 2013, vol.453, no. 2, pp. 211-214.
14. Nastavlenie po sluzhbe prognozov. Razdel 3, chast'. III. Sluzhba morskikh gidrologiche-skih prognozov. L.: Gidrometeoizdat, 1982, 143 p.
15. Nesterov E.S. Izmenchivost harakteristik atmosfery i okeana v atlantiko-evropejskom regione v gody sobytij El-Niño/ La-Niño. *Meteorologija i gidrologija*, 2015, no. 3, pp. 36-50.
16. Petrosjanc M.A., Guschina D.U. Krupnomashtabnoe vzaimodejstvie globalnoy cirkuliacii anmosfery s temperaturoy poverhnosti ekvatorialnogo Tihogo okeana. *Meteorologija i gidrologija*, 1998, no. 12, pp. 5-22.
17. Petrosjanc M.A., Semenov E.K., Guschina D.U., Sokolihina E.V., Sokolihina N.N. Cirkuljacija atmosfery v tropikah: klimat I izmenchivost. M. Maks Press, 2005, 670 p.
18. Polonski A.B. Rol okeana v izmenenijah klimata. Kijev: Naukova dumka, 2008, 184 p.
19. Shakina N.P. Blokirujuschie anticiklony: sovremennoe sostojanie issledovanij I prognozirovanie. *Meteorologija i gidrologija*, 2010, no. 11, pp. 5-18.
20. Bjerknes J. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of Ocean temperature. *Tellus*, 1966, vol. 18, no .4, pp. 820-829.
21. Bjerknes J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 1969, vol. 97, pp. 163-172.
22. Cherenkova Elena A., Kononova Nina K., Muratova Nadiya R.. Summer drought 2010 in the European Russia. *Geography, Environment, Sustainability Journal. Russian Geographical Society, Faculty of Geography M.V. Lomonosov Moscow University, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences*, 2013, vol. 06, no. 01, pp. 55-66.
23. Held I.M.S., Lyons S.W. and Nigam S. Transients and the extratropical response to El Niño. *J. Atmos. Sci.*, 1989, vol. 46, pp. 163-174.
24. Horel J.D., Wallace J. M. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, vol. 109, pp. 813-829.
25. Lau N.-C. Modeling the seasonal dependence of the atmospheric response to observed El Niños in 1962-76. *Mon. Wea. Rev.*, 1985, vol. 113, pp. 1970-1996.
26. Trenberth K.E. and Stepaniak D.P. Indices of El Nino evolution. *J. Clim.*, 2001, vol. 14, pp. 1601-1624.
27. Baza dannyh o globalnyh klimaticheskikh indeksah. URL: <http://www.esrl.noaa.gov/data/climateindices/list/for> info
28. Kolebanija cirkuljacija atmosfery Severnogo polusharija v XX – nachale XXI veka. URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru>
29. Walker Gilbert. World weather. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, April 1928, vol. 54, no. 236.