

УДК 551.510.534:911.2

А. В. ХОЛОПЦЕВ, д-р геогр. наук, **В. Г. КУЗЬМЕНКО**

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская, 33, Севастополь, 99033, Украина

kholoptsev@mail.ru

**СВЯЗИ ИЗМЕНЕНИЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОБЩЕГО
СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА НАД АРКТИКОЙ С ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОД,
ПЕРЕНОСИМЫХ ТЕЧЕНИЯМИ, ОБРАЗУЮЩИХ ГОЛЬФСТРИМ,
ПРИ СОВРЕМЕННОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА**

Выявлены статистические связи межгодовых изменений общего содержания озона над Арктикой в феврале – мае, а также опережающих их по времени изменений средних поверхностных температур Карибского моря и акватории Атлантики в зоне ее Северо-Пассатного течения, которые за период с 1979 г. по 2010 г. ощутимо усилились и ныне являются значимыми. Устойчивость их усиления позволяет предполагать, что при дальнейшем потеплении климата они усилятся еще больше, что свидетельствует о целесообразности их учета при моделировании и прогнозировании.

Ключевые слова: общее содержание озона, Арктика, Северная Атлантика, океанические течения, глобальные климатические индексы, корреляция, пространственно-временная изменчивость, распределение

Холопцев О. В., Кузьменко В. Г. ЗВ'ЯЗКИ МІЖ ЗМІНАМИ СЕРЕДНЬОМІСЯЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ЗАГАЛЬНОГО ВМІСТУ ОЗОНУ ПОНАД АРКТИКОЮ З ТЕМПЕРАТУРОЮ ВОД, ЯКІ ПЕРЕНОСЯТЬСЯ ТЕЧІЯМИ, ЩО УТВОРЮЮТЬ ГОЛЬФСТРИМ, ПРИ СУЧАСНОМУ ПОТЕПЛІННІ КЛІМАТУ

Визначено статистичні зв'язки міжрічних змін загального вмісту озону понад Арктикою у лютому-травні, а також змін середніх поверхневих температур Карибського моря та акваторії Атлантики в зоні її Північно-пасатної течії, котрі за період з 1979 р. по 2010 р. відчутно посилюються, та у сьогоденні є суттєвими. Стійкість їх посилення дозволяє припускати, що при подальшому потеплінні клімату вони посиляться ще більше. Це свідчить про доцільність їх урахування при моделюванні та прогнозуванні.

Ключові слова: загальний вміст озону, Арктика, Північна Атлантика, океанічні течії, глобальні кліматичні індекси, кореляція, просторово-часова мінливість, розподіл

Holoptsev A. V., Kuzmenko V. G. COMMUNICATIONS BETWEEN CHANGES OF MONTHLY AVERAGE VALUES OF THE GENERAL CONTENT OF OZONE OVER THE ARCTIC WITH TEMPERATURE OF WATERS, PERENO-SIMYKH THE CURRENTS, FORMING GULF STREAM, AT THE MODERN DROWNING OF CLIMATE

Statistical communications of interannual changes of Total ozon distributions on the Arctic in February – May are revealed, and changing and also advancing them on time of changes of average superficial temperatures of the Caribbean Sea and the water area of Atlantic in a zone of its North current Passatnogo which from 1979 for 2010 noticeably amplified and nowadays at the revealed values of temporary shifts between them are significant. Stability of their strengthening allows to assume that at a further drowning of climate they will amplify even more that testifies to expediency of their account when modeling and forecasting.

Keywords: General content of ozone, Arctic, Northern Atlantic, oceanic currents, global climatic indexes, correlation, existential variability, distribution

Введение

Благодаря присутствию в спектре поглощения озона линий, соответствующих длинам волн от 200 до 300 нм (полосы Хартли – Хиггинса), пространственно-временная изменчивость общего содержания озона (ОСО) в земной атмосфере является значимым фактором изменений распределения по поверхности нашей планеты потоков биологически активного ультрафиолета-Б. Поэтому развитие представлений об особенностях влияния на этот процесс различных природных факторов является актуальной проблемой физической географии и экологии.

Наибольший интерес указанная проблема представляет для регионов мира, где амплитуда сезонных изменений потоков указанных составляющих солнечной радиации, достигает наибольших значений. Одним из таких регионов является Арктика, где в период полярной ночи и эти потоки сокращаются до нуля, а в период полярного дня их значения могут превосходить уровни, характерные для субтропиков.

Ныне интерес к выявлению причин изменчивости распределения ОСО над Арктикой существенно возрос, благодаря тому, что в марте 2011 г. здесь возникла обшир-

ная озоновая дыра, просуществовавшей несколько недель [1].

Впервые исследования изменчивости ОСО в земной атмосфере начались с 1926 г., когда в п. Ароза (Швейцария) Добсоном (мл.) были осуществлена регистрация этой характеристики [2].

На территории СССР измерения ОСО в атмосфере впервые были произведены в 1933 г. в г. Купчино группой академика В. Г. Фесенко. В начале 60-х годов XX в., здесь была создана система наземного мониторинга состояния озонового слоя над его территорией. Эти наблюдения осуществлялись унифицированными и равноточными средствами, по единой методике, на 45 стационарных станциях. Две из них располагались вблизи Киева и Одессы. Ныне в Украине аналогичные станции функционируют также в Киеве (Борисполь), Феодосии и Львове [3].

Несмотря на то, что точечные аэрологические наблюдения на полярных станциях, расположенных в Арктике, ведутся также с 50-х годов XX века, систематический мониторинг распределения над всеми ее регионами ОСО начался лишь с января 1979 года, после ввода в эксплуатацию системы

глобального спутникового моніторингу озона в земній атмосфері.

В цій системі значення ОСО над тем или иным участком земної поверхності щодня вимірюють з допомогою приладу TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) – спектрофотометра, встановленого на ІСЗ Nimbus-7 (1978 – 1993 г.г.), Метеор-3 (1991 – 1994 г.г.), Earth Probe (1996-2004 г.г.), а також приладу OMI, функціонуючого на ІСЗ Aura (з 2005 г. по теперішнє час). Спектральна область вимірювань складає 160–400 нм. Погрешність вимірювань ОСО з допомогою згаданих приладів складає не більше 2%, а просторове розрешення їх оптичних систем не перевищує 3°.

Інформація про розподіл над всіма участками поверхності нашої планети середньодобових і середньомісячних значень ОСО, отримувана з допомогою даної системи, представлена в вільному доступі на Інтернет-сайті Всесвітнього центру моніторингу ультрафіолетової радіації і озона [4]. Це дозволяє вивчати особливості змінливості розподілу ОСО над кожним районом Арктики.

Встановлено, що до числа основних причин змінливості ОСО в тому или іншому сегменті земної атмосфери входять зміни потоків речовин, здатних брати участь в руйнуванні

стратосферного озона. Велика частина потоків згаданих речовин поступає в атмосферу з поверхні Мирового океану і переноситься в озоновий шар через тропосферу. Тому суттєвий вплив на просторово-часову змінливість ОСО викликають зміни характеристик областей тропосфери, в яких виходять рухи повітря, які мають найбільш інтенсивність [5].

Одною з них є область Ісландського мінімуму, розташована в атлантичному секторі Арктичної зони конвергенції, поблизу паралелі 65°N [6]. Характеристики процесів вертикального обміну теплом і вологою, що відбуваються в цій області, в багатьох визначаються змінливістю розподілу поверхневих температур (SST) відповідної акваторії Північної Атлантики, значимим фактором якої є зміни потоку тепла, доставляемого в неї водами поверхневих океанічних течій [7].

Упрощена схема поверхневих океанічних течій Північної Атлантики, побудована згідно [8] приведена на рисунку 1.

Як випливає з рисунка 1, потік тепла, безпосередньо впливаючий на стан Ісландського мінімуму, формується у Великій Ньюфаундлендській банці, при

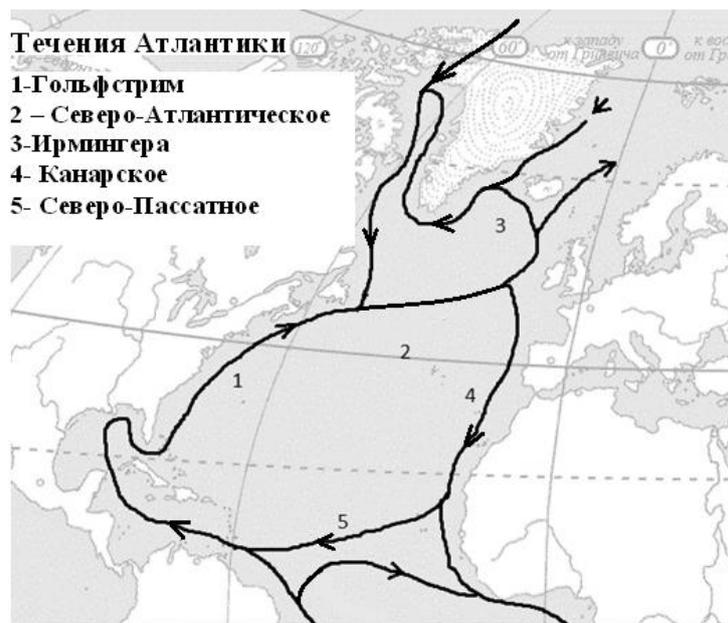


Рис. 1 – Упрощенная схема поверхностных течений Северной Атлантики

взаимодействии вод Гольфстрима (1) с водами Лабрадорского течения, приводящего к образованию Северо-Атлантического течения (2). Этот поток доставляется в соответствующую акваторию Атлантики водами течения Ирмингера (3), являющегося северной ветвью течения (2).

Южная ветвь Северо-Атлантического течения (2), называемая Канарским (Северо-Африканским течением) (4), уходит в Бискайский залив и омывая западные берега Пиринейского полуострова, достигает северо-западного побережья Африки и Канарских островов, где начинается Северо-Пассатное течение (5), пересекающее Атлантику с востока на запад в поясе пассатов.

Гольфстрим (1) образуется при слиянии вод Антильского течения, ответвляющегося у Малых Антильских островов от Северо-Пассатного течения (5), а также течения из Мексиканского залива, доставляющего в Атлантику воды, сформировавшиеся в Карибском море, с участием потоков тепла, доставляемых в него Северной струей Южно-Пассатного течения, Гвианским течением, а также Южной струей течения (5).

Нетрудно видеть, что на изменения распределения SST в акватории, соответствующей Исландскому минимуму, а, следовательно, и на распределение стратосферного озона над Арктикой, способна влиять изменчивость SST акваторий Атлантики, через которые несут свои воды течения, формирующие Гольфстрим. Развитие современных представлений об особенностях подобного влияния позволило бы более адекватно учитывать его при моделировании и прогнозировании пространственно-временной изменчивости ОСО над Арктикой.

Особенности изменчивости ST акваторий Атлантики, по которым проходят Гольфстрим и образующие его океанические течения, активно изучаются учеными, начиная с 50-х годов XX века. Интерес к их исследованиям был обусловлен главным образом тем, что этот процесс определяет теплосодержание вод Гольфстрима, которое влияет на пространственно-временную изменчивость гидрофизических и метеорологических полей во всем Евро-Атлантическом регионе.

Впервые комплексные океанографические исследования в рассматриваемом ре-

гионе тропической Атлантики, заложившие основы современных представлений об особенностях изменчивости его распределения SST, были осуществлены советскими учеными, в 5, 6 (1959 г.) 8, 10 (1960 г.) рейсах НИС «Михаил Ломоносов» [9].

Результаты этих работ получили дальнейшее развитие в ходе исследований советских океанологов по программе «Полигон -70», выполненных в 1970 году, под научным руководством Л. М. Бреховских, и американских ученых, осуществивших в 1973 году эксперимент MODE. А также при проведении советско-американского эксперимента ПОЛИМОДЕ, состоявшегося в 1977 – 1979 годах в Северной Атлантике, под научным руководством А. С. Моница [10].

Ныне лидером в исследованиях процессов взаимодействия океана и атмосферы, протекающих в рассматриваемом регионе Атлантики, являются ученые США. Установлено их существенное влияние на состояние Исландского минимума, а также метеосостояния во многих регионах Европы и Северной Америки [11]. Вследствие этого среднемесячное значение средней температуры поверхности Карибского моря, а также акватории Атлантики ограниченной параллелями 5.5N 23.5N и меридианами 15W, 57.5W, через которую проходит ее Северо-Пассатное течение, принято рассматривать как Глобальные климатические индексы (ГКИ) Car [12] и TNA [13].

Мониторинг изменчивости SST Карибского моря позволил установить, что за период современного потепления климата этому процессу был свойственен возрастающий тренд. Следовательно, в то же время увеличился и поток тепла, поступающий из него через Юкатанский пролив и Мексиканский залив в Гольфстрим. Последнее позволяет предполагать, что за период современного потепления климата характеристики связей между изменчивостью рассматриваемых характеристик тропической Атлантики и ОСО над Арктикой могли измениться.

Учет подобных изменений необходим при моделировании изучаемого процесса и является существенным условием адекватности его прогнозов. Наиболее важен при этом учет связей, которые ныне являются значимыми, а за период современного по-

тепления климата устойчиво усиливались (последнее позволяет ожидать, что при дальнейшем потеплении климата, они в ближайшие годы не утратят свою значимость). Поэтому проверка справедливости выдвинутой гипотезы и выявление таких связей представляют существенный теоретический и практический интерес. Несмотря на это, особенности упомянутых изменений ныне изучены недостаточно.

В качестве объекта исследования, выбраны изменения распределения среднемесячных значений ОСО над Арктикой, происходящие в различные месяцы, а также SST акваторий Атлантики, учитываемых при расчете ГКИ Саг и ТНА.

Методика исследований и фактический материал

Для достижения указанной цели решена задача, состоящая в выявлении условий, при которых за период современного потепления климата статистические связи изменений среднемесячных ОСО в различные месяцы над Арктикой, а также ГКИ Саг и ТНА устойчиво усиливались, а ныне вывод об их значимости характеризуется достоверностью не менее 0,95. При ее решении осуществлен корреляционный анализ связей между всеми 22-х летними фрагментами временных рядов, отображающих изменения ОСО в различных сегментах озоносферы над Арктикой, размерами 1x1 град., в период с 1979 г. по 2010 г., а также опережающие по времени изменения ГКИ Саг и ТНА.

При выборе расположения сегментов озоносферы, изучение которых могло бы представлять наибольший интерес, для каждого из них осуществлен расчет меридиональных сечений функций пространственной корреляции изменений среднемесячных ОСО, который показал, что значения интервала пространственной корреляции рассматриваемых процессов составляют не менее 17 градусов. Последнее свидетельствует о том, что при рассмотрении изменчивости ОСО в кольцевых сегментах атмосферы над Арктикой, различающихся по широте на 5°, потери информации о всей озоносфере над этим регионом будут несущественны. Учитывая это рассматривались кольцевые сегменты озоносферы, шириной 1 градус центры которых расположены на параллелях 89.5°N, 84.5°N, 79.5°N, 74.5°N, 69.5°N.

Предмет исследования – изменения характеристик связей между межгодовыми изменениями ОСО над Арктикой в феврале – мае, а также опережающих их по времени изменений ГКИ Саг и ТНА, которые произошли за период современного потепления климата.

Целью работы – выявление условий, при которых статистические связи между межгодовыми изменениями ОСО над Арктикой в феврале – мае, а также опережающих их по времени изменений ГКИ Саг и ТНА за период современного потепления климата устойчиво усиливались и ныне являются значимыми.

Для каждого их компонента размером 1°x1° рассчитаны функции взаимной корреляции изменений среднемесячных ОСО в марте – мае, для отрезков времени 1979–2000 гг. и 1989–2010 гг., а также значений ГКИ Саг и ТНА, опережающих их на 0–60 мес.

С их помощью выявлялись значения временных сдвигов, при которых корреляция между изменениями ОСО в том или ином месяце, а также ГКИ Саг и ТНА в период с 1989 по 2010 г. была значимой. Для подобных значений временных сдвигов между рассматриваемыми процессами изучены зависимости коэффициентов их корреляции от года начала отрезка времени, за который они были рассчитаны, а также от долготы и широты соответствующих сегментов атмосферы.

При оценке достоверности статистических выводов применялся критерий Стьюдента. Соответствующие значения порога достоверной корреляции рассчитаны с учетом числа степеней свободы изучаемых процессов и составляют 0.42.

В качестве фактического материала использовались:

- полученные из [4] временные ряды среднемесячных значений ОСО, во всех квадратах Арктического сегмента атмосферы, для всех месяцев, за период с января 1979 по декабрь 2010 г.;

- представленные в [14] временные ряды ГКИ Саг и ТНА для всех месяцев, за все месяцы, соответствующие периоду с января 1972 по декабрь 2010 гг..

Результаты и их анализ

В соответствии с рассмотренной методикой, при решении первой задачи рассчитаны взаимно-корреляционные функции 22-х летних фрагментов временных рядов среднемесячных ОСО в различные месяцы, во всех изучаемых сегментах озоносферы над Арктикой, соответствующих периодам с 1979 по 2000 гг. и с 1989 по 2010 гг., а также ГКИ Саг и ТНА, опережающих их на 0-60 мес.

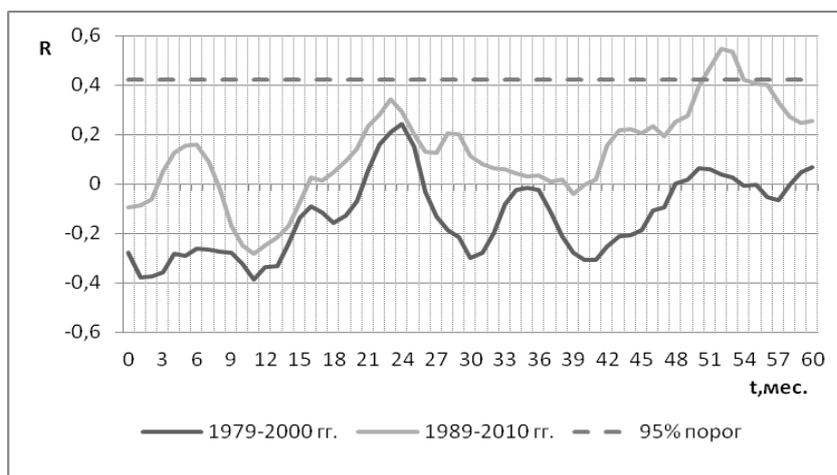
В качестве примера, на рисунке 2 показаны упомянутые функции, соответствующие марту, для сегмента озоносферы, расположенного над Северным полюсом планеты.

Из рисунка 2 видно, что значения коэффициента корреляции рассматриваемых процессов, для периода 1989 – 2010 гг. практически при любых значениях времен-

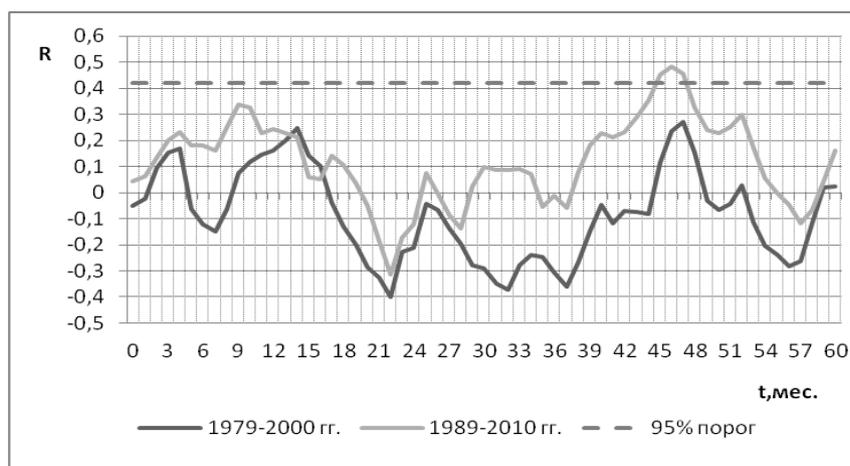
ных сдвигов $\tau < 60$ мес. заметно больше, чем для периода 1979 – 2000 гг.

Уровень 0.42, соответствующий 95% порогу достоверной корреляции по критерию Стьюдента, значениями коэффициента корреляции рядов ОСО над районом Северного полюса за период 1989-2010 гг. и ГКИ Саг, превышает при сдвигах между от 45 – 48 мес.

Вывод о значимости связи изменений ОСО над районом Северного полюса за период 1989-2010 гг. и ГКИ ТНА характеризуется достоверностью не ниже 0.95, если временной сдвиг между этими процессами лежит в пределах 51 – 54 месяца. Максимальное значение коэффициента корреляции изменений ОСО в марте с изменениями ГКИ ТНА, больше, чем с изменениями ГКИ Саг.



а)



б)

Рис. 2 – Взаимнокорреляционные функции изменений ОСО в марте в сегменте озоносферы радиусом 1 град. с центром в Северном полюсе, а также опережающих их фрагментов изменений ГКИ Саг (а) и ТНА (б)

Таблица 1

Временные сдвиги, при которых произошло существенное усиление корреляции изменений ОСО в рассматриваемых кольцевых сегментах атмосферы над Арктикой

ГКИ	Средняя широта (°N)	Февраль	Март	Апрель	Май
Cag	89.5		45-48	40-46	47-49
	84.5		45-48	40-46	47-49
	79.5		45-47	39-48	47-49
	74.5	29-47	45-47	40-49	42-49
	69.5	29-47	46-48	40-49	42-43, 48-49
NTA	89.5		51-54	39-45	41-44
	84.5		51-54	39-45	41-44
	79.5		51-55	39-44	41-45
	74.5	2-6, 17-22, 35-49	50-55	11-13, 39-42	40-46
	69.5	2-6, 13-25, 36-48	50-54	11-13	42-44
	64.5	2-6, 13-25, 36-48	53	11-13	42-44

В таблице 1 приведены значения временных сдвигов, при которых произошло существенное усиление корреляции изменений ОСО в рассматриваемых кольцевых сегментах атмосферы над Арктикой, а также ГКИ Cag и TNA.

Как следует из анализа данных табл. 1, аналогичные особенности связи изменений ОСО в марте, а также ГКИ Cag и TNA выявлены и для всех прочих рассматриваемых сегментов атмосферы над Арктикой. Значения сдвигов при которых достигаются максимумы корреляции изменений ОСО, а также ГКИ Cag и TNA наиболее существенно различаются в феврале, а в апреле и мае они практически совпадают. Данный результат объясняется тем, что температура вод, приносимых в Карибское море южной ветвью Северо-Пассатного течения в июле – сентябре выше, чем температура вод, доставляемых в него Гвианским течением (приходящим из южного полушария). Поэтому плотность вод, приходящих из Южного полушария в Карибское море больше и на его поверхности летом преобладают воды Северо-Пассатного течения, температуры которых изменяются пропорционально NTA. В декабре – феврале соотношение между плотностями вод Гвианского и Северо-Пассатного течения противоположное, вследствие чего первые преобладают на поверхности Карибского моря.

Расчеты показали, что для всех месяцев с февраля по май и всех рассматривавшихся кольцевых сегментов максимальные значения коэффициентов корреляции изменений

ОСО, а также ГКИ Cag несколько меньше, чем ОСО и ГКИ TNA (т. е. влияние последнего является более сильным).

Для прочих месяцев значимой корреляции между рассматриваемыми процессами, а также ее существенного усиления за период с 1979 по 2010 г. не выявлено.

Полученный результат позволяет предполагать, что учет влияния ГКИ Cag и TNA, опережающих изменения ОСО над Арктикой на указанные времена, при моделировании последних в феврале – мае целесообразен.

Положительный знак корреляции между рассматриваемыми процессами объясняется тем, что увеличение потока тепла, доставляемого течением из Карибского моря (через Юкатанский и Флоридский проливы) в Северную Атлантику, приводит к повышению средней температуры вод Гольфстрима. Эта положительная термическая аномалия спустя некоторое время, по системе течений Гольфстрим-Северо-Атлантическое-Ирмингера, достигает акватории Атлантики, соответствующей Исландскому минимуму, повышая ее SST. Последнее вызывает увеличение средней температуры и уменьшение средней плотности воздуха, который от поверхности этой акватории поднимается в стратосферу.

В феврале – мае в стратосфере над Арктикой существует циркумполярный антициклонический вихрь, энергия которого тем больше, чем больше разность атмосферных давлений над Северным полюсом и над Арктической зоной

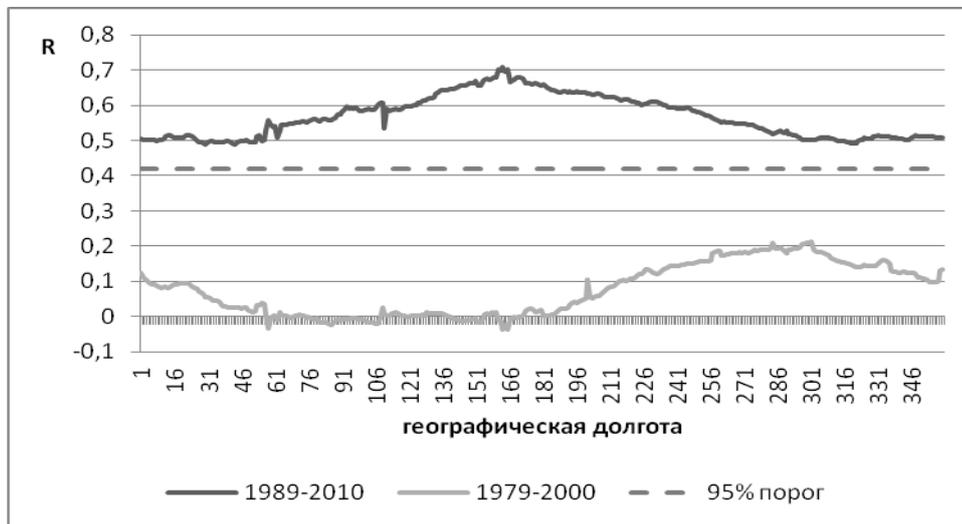
конвергенции. Повышение SST акватории, соответствующей Исландскому минимуму, приводит к снижению атмосферного давления над Арктической зоной конвергенции и активизирует потоки воздуха, препятствующие проникновению из нее в Арктический сегмент стратосферы потока веществ, способных разрушать стратосферный озон. В результате интенсивность разрушения озона в этом сегменте снижается, в то время как интенсивность его образования (под воздействием ультрафиолетовой радиации) увеличивается.

Зависимости от широты и долготы значений коэффициента корреляции ОСО и ГКИ Саг и TNA изучались для всех рассматриваемых кольцевых сегментов

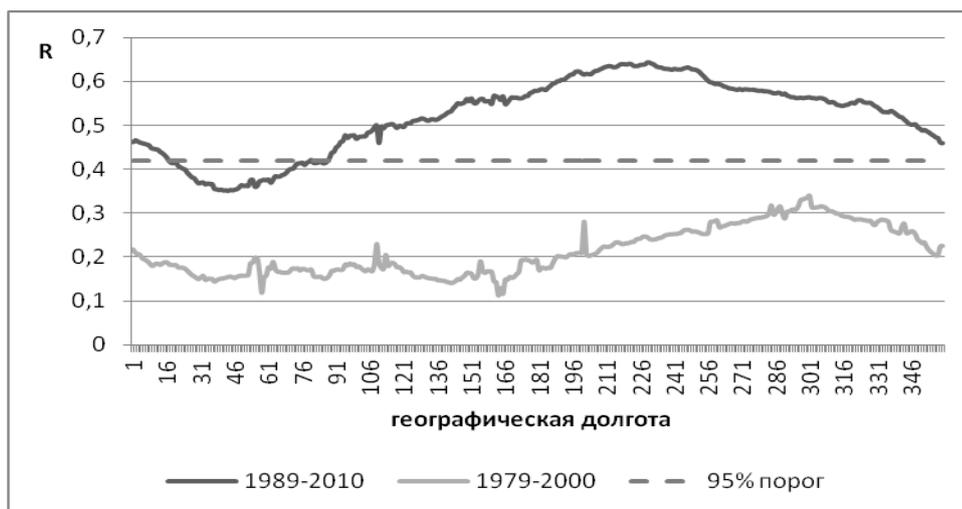
атмосферой над Арктикой, для февраля, марта, апреля и мая, при временных сдвигах между фрагментами их временных рядов, при которых связи между ними являлись наиболее сильными.

Пример подобной зависимости, соответствующей апрелю и кольцевому сегменту атмосферы с центром на широте 79.5° N показан на рисунке 3.

Как видим, рассчитанные за период 1989-2010 значения коэффициента корреляции изменений ОСО на параллели 79.5° N, в апреле, а также ГКИ Саг и TNA, при любом значении долготы существенно больше, чем 95% порог достоверной корреляции и больше, чем соответствующие значения, оцененные за период 1979-2000 гг.



А)



Б)

Рис. 3 – Зависимости от долготы значений коэффициента корреляции изменений ОСО в апреле, в периоды 1989-2010 и 1979-2000 гг, а также ГКИ Саг (А) и TNA (Б), опережающих их на 40 месяцев

При этом наиболее существенное увеличение корреляции изучаемого процесса и изменений ГКИ Car по долготе соответствует атлантическому сектору Арктики, наиболее подверженному влиянию потока тепла и влаги из области Исландского минимума. Его связь с изменениями ГКИ TNA наиболее усилилась в секторе, соответствующем Восточной Европе.

Следует отметить, что усиление статистических связей между рассматриваемыми процессами за период современного потепления климата происходило устойчиво. В этом нетрудно убедиться рассмотрев

рисунок 4, на котором, в качестве примера, представлены зависимости от года начала фрагмента временного ряда ОСО в апреле, над квадратом поверхности Северного Ледовитого океана с координатами центра 79.5°N , 10°E , а также ГКИ Car и TNA.

Как видим из рисунка 3, представленные на нем зависимости являются монотонно возрастающими. Это позволяет предполагать, что при дальнейшем потеплении климата выявленные связи не снизят свою значимость, вследствие чего их целесообразно учитывать при моделировании изменчивости ОСО над Арктикой.

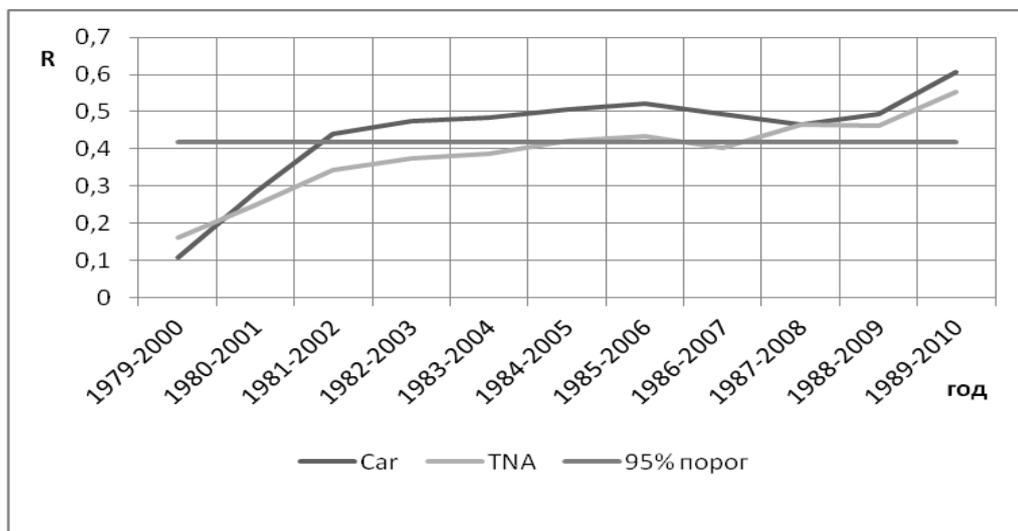


Рис. 4 – Зависимости от года начала фрагмента временного ряда ОСО в апреле, над квадратом поверхности Северного Ледовитого океана с координатами центра 74.5°N , 10°W , а также рядов ГКИ Car и TNA, опережающих его на 40 месяцев

Выводы

1. Установлено, что статистические связи межгодовых изменений общего содержания озона (ОСО) над Арктикой в феврале – мае, а также опережающих их по времени изменений ГКИ Car и TNA за период с 1979 по 2010 г. усилились и ныне при выявленных значениях временных сдвигов между ними являются значимыми.

2. Показано, что наиболее существенное и устойчивое усиление статистических связей между изменениями ОСО над Арктикой в феврале – мае, а также опережающих их по времени изменений ГКИ Car и TNA, произошло в атлантическом

и восточно-европейском секторах Арктики, расположенных в зоне влияния Исландского минимума.

3. Полученные результаты исследования, а также устойчивость усиления статистических связей между межгодовыми изменениями ОСО над Арктикой в феврале – мае, а также опережающих их по времени изменений ГКИ Car и TNA, которые произошли за период современного потепления климата, свидетельствует о целесообразности их учета при моделировании и прогнозировании изменчивости ОСО над указанными секторами Арктики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Manney G. L. Unprecedented Arctic ozone loss in 2011 / G. L. Manney et al. // Nature, 2011. – Vol. 478, pp. 469 – 475. – doi:10.1038/nature10556
2. Bronnimann J. Variability of total ozone at Arosa, Switzerland since 1931 related to atmospheric circulation indices. / Bronnimann J., Luterbacher I., Schmutz C., Wanner H. // Geophys. Res. Lett. – 2000. – Vol. 27. – N 15. – P. 2213-2216.
3. Александров Э. Л. Озонный щит Земли и его изменения / Э. Л. Александров, Ю. А. Израэль, И. Л. Кароль, А. Х. Хргиан. – СПб. : Гидрометеиздат, 1992. – 288 с.
4. <http://www.woudc.org>
5. Груздев А. Н. Пространственно-временная динамика атмосферного озона и связанных с ним газовых примесей: Автореф. дис. д. ф.-м. н. / А. Н. Груздев. – М., 2007. – 48 с.
6. Appenzeller Ch. North Atlantic oscillation modulates total ozone winter trends / Ch. Appenzeller, A.K. Weiss, J. Staehelin // Geophys. res. let., 2000. – Vol. 27, No. 8. – P. 1131 – 1134
7. Бекорюков В. И. Эволюция озона и метеорологических характеристик атмосферы над Северной Америкой. / В. И. Бекорюков, И. В. Бугаева, Б. М. Кирюшов, Д. А. Тарасенко Эволюция// Изв. РАН. Физ. атмосфер. и океана. – 2000. –Т. 30. – № 1. – С. 76-83. – РЖ, 2001. № 4.
8. Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны./Под ред. Горшкова С. Г.// ГУНИО МО СССР. – 1977. – 306с.
9. Бреховских Л. М. Полигонный гидрофизический эксперимент в тропической зоне Атлантики./ Л. М. Бреховских, М. Н. Кошляков, К. Н. Федоров, Л. М. Фомин, А. Д. Ямпольский. – Доклады АН СССР. – 1971. – т.198, № 6. – С. 1434-1437.
10. Каменкович В. М. Синоптические вихри в океане. / В. М. Каменкович, М. Н. Кошляков, А. С. Монин – Л., Гидрометеиздат. – 1987. – 511 с.
11. Penland, C., Matrosova L. Prediction of tropical Atlantic sea surface temperatures using Linear Inverse Modeling// J. Climate. 1998. – March. – P.483-496 pp.
12. Enfield, D. B., A.M. Mestas, D.A. Mayer, and L. Cid-Serrano, 1999: How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic sea surface temperatures? JGR-O, 104, 7841-7848. AOML and PSD
13. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/forecasts/sstlim/Globalsst.html>

Надійшла до редколегії 03.04.2012

УДК 631.459 – 631.6

М. В. КУЦЕНКО, канд. геогр. наук, доц.

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського УААН»,
вул. Чайковська, 4, Харків, 61024, Україна
kucenko_nikolay@mail.ru*

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ

Надано наукове обґрунтування універсальної автоматизованої системи геоінформаційного забезпечення моделей водної ерозії ґрунтів, наведено приклади її застосування для оцінки ерозійної небезпеки земель та проектування оптимальних протиерозійних заходів. В основу інформаційної мережі закладено векторний принцип, що дозволяє автоматично визначати лінії стоку, водозбірні басейни, ухили та експозиції для довільних точок території дослідження і враховувати дискретно-безперервний характер ерозійних процесів.

Ключові слова: ерозія ґрунтів, моделювання, геоінформаційне забезпечення, протиерозійні заходи, просторова оптимізація

Kutsenko N. V. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS SOFTWARE OF SOIL WATER EROSION MODELS

The scientific justification for universal automated geographic information systems software of soil water erosion models is given, there are examples of its use to assess the risk of erosion of land and the design of optimal anti erosion measures. The basis of the information network laid vector principle, to automatically determine the line flow, catchment basins, slope and exposure to arbitrary points of the territory of the study and take into account the discrete-continuous nature of erosion processes.

Key words: soil erosion, modeling, geographic information systems software, anti-erosion measures, spatial optimization