

## ГЕОГРАФІЧНІ НАУКИ

УДК 911

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.35910

**ПРОГНОЗ ПОВТОРЯЕМОСТИ МЕРИДИАНАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ СЕВЕРНОГО ТИПА В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ ЗЕМЛИ**

© А. В. Холопцев, Н. И. Федоренко

*Выявлены условия, при которых учет в качестве аргументов линейной множественно-регрессионной модели фрагментов временных рядов среднегодовых значений чисел Вольфа и средних температур поверхности северной Атлантики обеспечивает наибольшую точность прогнозов изменений суммарной продолжительности преобладания в атмосфере над северным полушарием элементарных циркуляционных механизмов, которые относятся к группе меридиональных северных процессов*

**Ключевые слова:** атмосферная циркуляция, солнечная активность, Атлантическая меридиональная мода, прогноз, значимые факторы

*It is determined conditions under which taking account of the fragments of time series of the annual average values of Wolf numbers and average temperatures of the North Atlantic surface as an argument of the linear multiple-regression model of changes of predominance of elementary circulation mechanisms classified as north meridional processes above the Northern hemisphere maintains the highest level of accuracy of the long-time forecast*

**Keywords:** atmospheric circulation, solar activity, Atlantic meridional mode, forecast, significant factors

**1. Введение**

Вариации характеристик общей циркуляции атмосферы являются существенным фактором изменчивости полей температуры и атмосферного давления, а также ущерба, который наносят человечеству различного рода метеорологические аномалии. В XXI веке эти вариации привели не только к повышению суровости зим в Европе и Северной Америке, но и к увеличению повторяемости северных ветров, снижению средних температур воздуха на наиболее оживленных водных путях Северной Атлантики. В итоге риски возникновения обледенения работающих здесь судов возросли, а условия работы в данном регионе водного транспорта усложнились. Поэтому совершенствование методик прогнозирования упомянутых особенностей динамики атмосферы является актуальной проблемой не только физической географии и климатологии, но также безопасности мореплавания.

**2. Обзор литературы**

Основой современных представлений об изменении характеристик общей циркуляции атмосферы являются работы Г. Я. Вангейма [1], А. А. Гирса [2], Б. Л. Дзердиевского [3], в которых показано, что вариации характеристик общей циркуляции атмосферы характер сложных колебаний. Наиболее существенным их проявлением является смена доминирующих типов общей циркуляции атмосферы, которые различаются направлением зональных воздушных потоков в приполярной области, количеством и направлением блокирующих процессов, а также выходов южных циклонов.

В соответствии с типизацией циркуляции атмосферы Северного полушария, предложенной в [3, 4], различные ее разновидности предложено относить к

13 типам. Выделен также 41 элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ), для которого составлена характерная схема перемещения циклонов и антициклонов. Подобные механизмы делятся на 4 группы:

- зональную (антициклон над полюсом, блокирующие процессы отсутствуют, выходов южных циклонов – два, три);
- нарушенную зональную (антициклон над полюсом, один блокирующий процесс и один-три выхода южных циклонов);
- меридиональную северную (антициклон над полюсом, два-четыре как блокирующих процесса, так и выхода южных циклонов);
- меридиональную южную (циклон над полюсом, блокирующие процессы отсутствуют, три-четыре выхода южных циклонов). Далее будем обозначать их как З, НЗ, МС МЮ соответственно.

Продолжительность преобладания в атмосфере над северным полушарием того или иного ЭЦМ составляет не менее суток. На протяжении года рассматриваемые процессы многократно сменяют друг друга Последовательности, в которых происходят смены ЭЦМ в разные годы, между собой существенно различаются. При этом в каждом году преобладающими являются механизмы, относящиеся к какой либо одной из перечисленных групп [4].

Установлено, что период доминирования ЭЦМ, которые относятся к одной группе, может достигать нескольких десятилетий. Такие периоды Б. Л. Дзердиевский назвал циркуляционными эпохами, предложив определять их временные рамки по превышениям суммарных продолжительностей периодов преобладания на протяжении года ЭЦМ, относящихся к соответствующей группе, по отношению к их среднему уровню (оцененному за весь период наблюдений) [3].

Наиболее резкие изменения метеоусловий в северном полушарии, обусловленные мощными «прорывами» в низкие широты холодного воздуха с севера, либо вхождения в высокие широты теплого воздуха с юга, возникают в периоды доминирования ЭЦМ, относящиеся к группе СМ [5]. Вследствие этого наибольший теоретический и практический интерес решение рассматриваемой проблемы представляет в отношении такой характеристики общей циркуляции атмосферы, как суммарная продолжительность периодов преобладания на протяжении года ЭЦМ указанного типа.

Изучению особенностей изменения в XX веке повторяемости различных ЭЦМ посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов, результаты которых наиболее полно отображены и обобщены в работах [6–8]. В них показано, что за это время сменилось несколько различных циркуляционных эпох.

В период 1899–1915 гг. преобладали ЭЦМ, относящиеся к группе СМ. С 1916 по 1956 гг. продолжалась эпоха циркуляции З и НЗ. Период с 1957 по 2001 г. характерен доминированием ЭЦМ, относящихся к группе МЮ.

XXI веке преобладают ЭЦМ СМ. При этом суммарные продолжительности периодов преобладания на протяжении года ЭЦМ МЮ устойчиво снижаются, а ЭЦМ СМ устойчиво возрастают, что является причиной существенного снижения в этот период темпов потепления климата во многих регионах северного полушария [9].

Все причины подобных перемен до сих пор достоверно не установлены, тем не менее, принято считать, что главным фактором рассматриваемого процесса являются происходящие изменения характеристик взаимодействия океана и атмосферы [6].

Воздействие океана на атмосферу оказывают потоки тепла и водяного пара, которые поступают в нее с различных участков водной поверхности [10]. Поэтому изменения состояния атмосферы, обусловленные подобным воздействием, в основном определяются распределением поверхностных температур различных акваторий Мирового океана.

Расположение океанических районов, оказывающих наиболее сильное влияние на изменения суммарных продолжительностей периодов преобладания на протяжении года ЭЦМ МС, до сих пор не установлено. Тем не менее, очевидно, что к числу факторов, которые вызывают эти изменения в северном полушарии, могут относиться вариации средних поверхностных температур северных частей Атлантического и Тихого океанов, а также всех океанических акваторий, расположенных в тропической зоне нашей планеты.

Изменения средней поверхностной температуры Северной Атлантики представляет собой сложное колебание с периодом доминирующей моды, близким к 40 годам, которое принято рассматривать как Атлантическую мультидекадную осцилляцию [11] (далее АМО). Временные ряды среднемесячных значений индекса АМО, для каждого месяца в период 1856–2014 гг. представлены в [12]. Результаты наблюдений за изменениями средней поверхностной температуры акваторий Мирового океана, расположенных к северу от экватора (далее СП), которые в период с 1880 г. осуществлялись NOAA, содержатся в [13]. Мониторинг

вариаций средних поверхностных температур акваторий тропической зоны нашей планеты (далее ТР), который в период с 1850 года осуществляет метеорологический центр Гадлея (Великобритания), позволил получить их временные ряды, отображенные в [14].

В [15, 16] показано, что значимое влияние на изменения повторяемости различных форм атмосферной циркуляции могут оказывать также вариации солнечной активности. Это подтверждается наличием значимого влияния солнечных вспышек на поле атмосферного давления, которое выявили У. Шуурманс и А. Оорт, а также установленной Б. Тинслеем зависимостью температуры верхних слоев тропосферы от интенсивности потока галактических космических лучей (который, вследствие форбуш-эффекта, связан с солнечной активностью).

Временные ряды такого индекса солнечной активности, как числа Вольфа (далее W), за период с 1749 года представлены в [17].

Несмотря на то, что выявлению особенностей влияния этого и других астрономических факторов на динамику атмосферы, посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов [18–21], конкретные его физические механизмы, а также условия, при которых оно является значимым, до сих пор достоверно не установлены. Более того, далеко не очевидно, что подобные условия в принципе существуют, поскольку подобные факторы действуют на атмосферу совместно с таким мощнейшим процессом, как ее взаимодействие с океаном [22].

Возможно, существуют и другие процессы, способные значимо воздействовать на изменения суммарных продолжительностей периодов преобладания на протяжении года ЭЦМ МС повторяемости ЭЦМ СМ, в том числе и процессы, которые не являются наблюдаемыми. Последнее вынуждает рассматривать их как случайные и применять для прогнозирования подобных изменений статистические методы.

Среди подобных методов, одним из наиболее универсальных и эффективных является метод множественной регрессии [23]. Тем не менее, ранее возможности прогнозирования изучаемых изменений с использованием данного метода и учетом совместного влияния упомянутых факторов, не рассматривались.

Учитывая изложенное, в качестве объекта исследования в данной работе выбраны изменения суммарных продолжительностей периодов преобладания в северном полушарии на протяжении года ЭЦМ МС.

Предметом исследования являлся прогноз подобных изменений, при разработке которого учтено влияние на них вариаций средних поверхностных температур различных регионов Мирового океана, а также солнечной активности.

Целью работы является оценка возможности прогнозирования изменений суммарных продолжительностей периодов преобладания на протяжении года в северном полушарии ЭЦМ МС, с использованием метода множественной регрессии, а также учетом статистических связей изучаемого процесса с предысторией указанных факторов.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

– выявление условий, при которых статистические связи изучаемого процесса и рассматриваемых факторов являются значимыми;

– разработка прогнозов изучаемого процесса, с учетом выявленных его статистических связей с рассматриваемыми факторами, которые являются значимыми.

### 3. Методика исследования и фактический материал

При решении указанных задач, как значимые, рассматривались факторы, учет которых в качестве аргументов линейной множественно-регрессионной модели [11] изменений суммарных продолжительностей периодов преобладания на протяжении года в северном полушарии ЭЦМ МС, позволяет получить прогнозы этого процесса с упреждениями 1–4 года, обладающие следующим свойством. Искомые прогнозы являются наиболее точными при осуществлении сценария будущего, при котором характеристики статистических связей изучаемого процесса с этими факторами сохраняются такими же, какими они были в доступном изучению прошлом.

Как критерий значимости факторов, учитываемых при прогнозировании изучаемого процесса, использовано предложенное в [24] соотношение:

$$\rho = \min \sum_{i=1}^4 \sigma_i, \tag{1}$$

где  $\sigma_i$  – среднеквадратические отклонения прогнозов изучаемого процесса с упреждением  $i$  лет от его фактических состояний, оцененные по его предыстории.

При разработке прогнозов использована линейная множественно-регрессионная модель:

$$Y_i = c_0 + \sum_{k=1}^{N_1} c_k x_{ik} + \sum_{k=N_1+1}^{N_2} c_k x_{ik} + \sum_{k=N_2+1}^{N_3} c_k x_{ik} + \sum_{k=N_3+1}^{N_4} c_k x_{ik}, \tag{2}$$

в которой  $N_1, N_2 - N_1, N_3 - N_2$  и  $N_4 - N_3$  – количества фрагментов предыстории вариаций индексов АМО, СП, ТР и W, которые вошли в число значимых факторов изучаемого процесса;  $Y_i$  – прогноз на 2011+i год суммарной продолжительности периодов преобладания ЭЦМ МС в северном полушарии Земли;  $x_{ik}$  – фрагмент временного ряда одного из процессов, способных влиять на рассматриваемые изменения, который входит в число его значимых факторов, соответствующих 2011+i году;  $c_k$  – константа, являющаяся k-компонентом вектора столбца C, который рассчитывается согласно соотношению:

$$C = A^{-1}B, \tag{3}$$

здесь A квадратная матрица ранга N + 1, размерами (N+1)x(N+1), определяемая, как

$$A = \begin{Bmatrix} M & \sum_{i=1}^M x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} \\ \sum_{i=1}^M x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,1}x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,2}x_{i,1} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N}x_{i,1} \\ \sum_{i=1}^M x_{i,2} & \sum_{i=1}^M x_{i,1}x_{i,2} & \sum_{i=1}^M x_{i,2}x_{i,2} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N}x_{i,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^M x_{i,N} & \sum_{i=1}^M x_{i,1}x_{i,N} & \sum_{i=1}^M x_{i,2}x_{i,N} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N}x_{i,N} \end{Bmatrix}.$$

B – N+1 мерный вектор столбец, определяемый соотношением:

$$B = \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^M y_i \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,1} \\ \dots \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,N} \end{Bmatrix},$$

$A^{-1}$  – матрица, обратная по отношению к A; M – длина фрагментов временных рядов изучаемого процесса и его факторов, учитываемых при вычислении коэффициентов  $c_k$ . Значения M и N выбраны равными соответственно 40 и 20.

Для выявления значимых фрагментов временных рядов процессов, которые рассматриваются как факторы изменений суммарной продолжительности периодов преобладания ЭЦМ МС в северном полушарии, необходимо для всех возможных сочетаний таких фрагментов рассчитать значение критерия (1) и выбрать среди них то, которому соответствует его глобальный минимум.

Общее количество различных фрагментов ряда чисел Вольфа за 1749–2013 г., содержащих по 40 членов, равно 224. Количество таких же фрагментов ряда АМО ЗА 1856–2013 г. составляет 117. Аналогичных фрагментов рядов СП и ТР за 1850–2013 г. и за 1880–2013 г. 123 и 93. Общее количество фрагментов, среди которых требуется найти оптимальный набор, включающий из них лишь 20, составляет 557. Поскольку количество сочетаний из 557 по 20 достаточно велико, для нахождения глобального экстремума в рассматриваемой задаче может быть применен лишь метод случайного поиска [25].

Значение  $\rho$ , соответствующее выявленному с помощью этой процедуры набору факторов, является интегральной характеристикой качества прогноза, получаемого с помощью соотношений (2), (3). При его вычислении производится также оценка систематических погрешностей предварительных прогнозов с различными упреждениями, которые при расчете окончательных результатов прогнозирования компенсируются.

Как фактический материал при решении поставленных задач использован временной ряд значений указанной меры, включающий ее значения за период 1899–2011 г., который получен из [26]. Также в состав рассматриваемого фактического материала входили временные ряды среднегодовых значений индекса АМО, СП, ТР и W, полученные из [12–14, 17]. Зависимости от времени изучаемого процесса и учитываемых

его факторов, построенные по данным, полученным из

указанных источников, приведены на рис. 1.

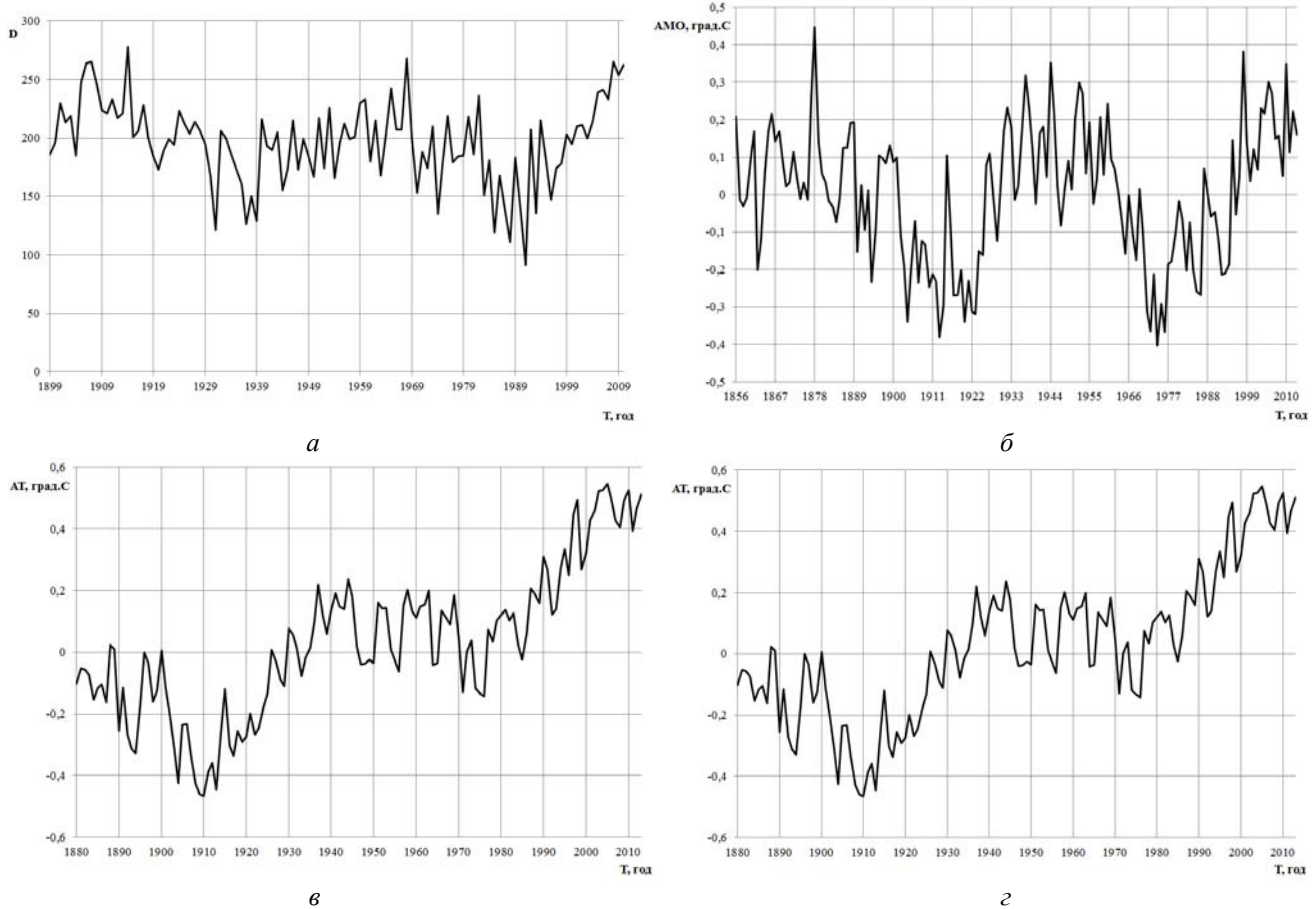


Рис. 1. Зависимости от времени среднегодовых значений индексов, по данным [12–14, 26]:  
*a* – ЭЦМ МС; *б* – АМО; *в* – СП; *г* – ТР

Из рис. 1, *a* следует, что в период с 1972–2011 гг. годовая продолжительность преобладания в северном полушарии ЭЦМ МС устойчиво повышалась.

Рис. 1, *б* показывает, что с 1974 г. по 1998 г. изменения среднегодовых значений индекса АМО также была свойственна тенденция к возрастанию, которая в XXI веке уже практически исчерпала (ныне их вариации происходят практически на постоянном уровне). Из данного рисунка видно, что изменения рассматриваемого индекса на протяжении всего периода его регистрации носили полициклический характер. Сопоставление изменений данного индекса в последнем, а также в предыдущих циклах, позволяет предполагать, что в ближайшие годы его значения начнут снижаться.

Как следует из рис. 1, *в*, *г*, в последней трети XX века среднегодовые значения индексов СП и ТР устойчиво возрастали, однако в XXI веке их увеличение прекратилось.

Из прогнозов изменений в первой половине XXI века максимумов циклов солнечной активности [20] следует, что в этот период их значения будут минимальными.

Сопоставление рис. 1, *a*, с рис. 1, *б–г*, свидетельствует о наличии соответствия между тенденциями рассматриваемых процессов и допустимости предположения, согласно которому повторяемость ЭЦМ МС в ближайшие годы будет и далее увеличиваться.

#### 4. Результаты исследования и их анализ

В соответствии с описанной методикой выявлены фрагменты временных рядов учитываемых процессов, использование которых в качестве аргументов модели (2) позволяет с ее помощью получать прогнозы изучаемого процесса, обладающие, при осуществлении упомянутого сценария будущего, наибольшей точностью при упреждениях 1–4 года. Соответствующие им годы начала приведены в табл. 1.

Как видим из табл. 1, в набор значимых факторов рассматриваемого процесса входят фрагменты предысторий только временных рядов индекса АМО (15), а также чисел Вольфа (5). Соответствующее этому набору факторов значение  $r$  является для процессов, среди которых проводилась оптимизация, минимальным и составляет 30.92.

Полученный результат позволяет предполагать, что на изменения суммарной продолжительности периодов преобладания ЭЦМ МС в северном полушарии наиболее сильное влияние оказывают изменения поверхностных температур акваторий северной Атлантики. Значения коэффициентов  $c_k$  прогностической модели (2), аргументами которой являются выявленные фрагменты указанных временных рядов, представлены в табл. 2.

Таблица 1

Годы начала фрагментов временных рядов изучаемых факторов, являющихся значимыми факторами изменений в период 1972–2011 гг. суммарной продолжительности периодов преобладания ЭЦМ МС в северном полушарии

№	Год	процесс	№	год	процесс	№	год	Процесс
1	1897	АМО	8	1935	АМО	15	1905	АМО
2	1898	АМО	9	1936	АМО	16	1762	W
3	1900	АМО	10	1937	АМО	17	1775	W
4	1903	АМО	11	1938	АМО	18	1794	W
5	1904	АМО	12	1939	АМО	19	1800	W
6	1933	АМО	13	1941	АМО	20	1801	W
7	1934	АМО	14	1901	АМО	–	–	–

Таблица 2

Значения коэффициентов  $c_k$  прогностической модели (2) изменений суммарной продолжительности периодов преобладания ЭЦМ МС в северном полушарии

k	$c_k$	K	$c_k$	k	$c_k$	K	$c_k$
0	174.0346	6	-42.8038	12	99.63329	18	0.918697
1	37.10409	7	60.60296	13	-101.15	19	0.339773
2	41.66966	8	-33.5976	14	-47.6159	20	-0.09055
3	47.56036	9	-74.7636	15	-24.4759	–	–
4	-10.7728	10	34.77352	16	-0.00966	–	–
5	32.73641	11	-10.9419	17	-0.12913	–	–

Зависимости от времени фактических значений суммарной продолжительности в течении года периодов преобладания ЭЦМ МС (согласно [26]), результатов их моделирования и прогнозирования, с использо-

ванием описанной модели, а также положения верхней и нижней границы доверительного интервала шириной  $2\sigma$ , представлены на рис. 2.

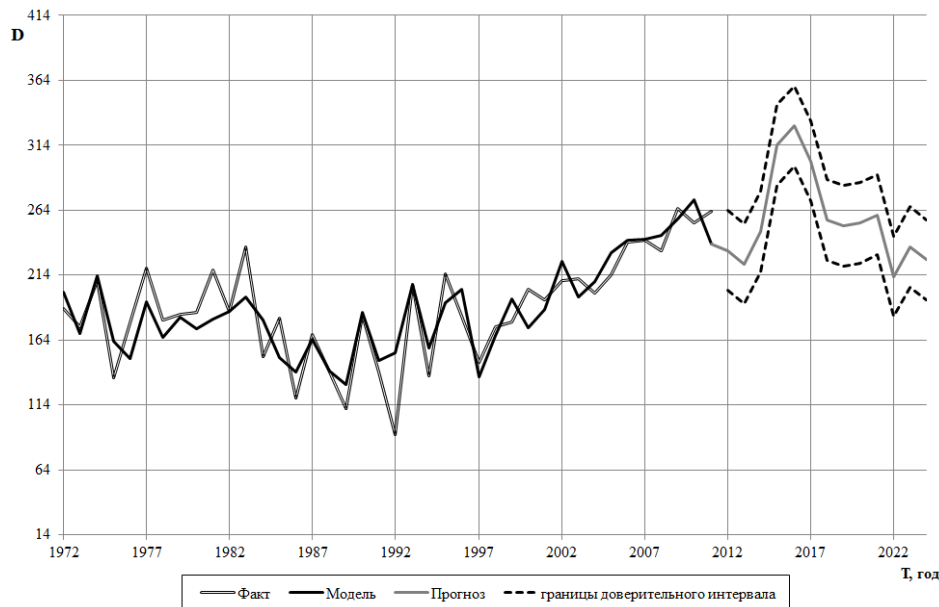


Рис. 2. Зависимости от времени фактических значений суммарной продолжительности в течении года периодов преобладания в северном полушарии ЭЦМ МС (согласно [26]), а также результатов их моделирования и прогнозирования

Из рис. 2 следует, что между фактическими изменениями состояния рассматриваемого процесса, а также результатами их моделирования в период 1972–2011 гг. имело место удовлетворительное соответствие (коэффициент их корреляции 0.86, среднеквадратическое отклонение 20.6). Из него также видно, что ошибки моделирования в период 1996–2011 существенно меньше, чем были до этого. Это позволяет предполагать, что, если рассматриваемый сценарий будущего в действительности реализуется, приемлемое соответст-

вие возможно и между представленными результатами прогнозирования суммарной продолжительности периодов преобладания ЭЦМ МС в северном полушарии, и ее фактическими изменениями в будущем.

Как видно из рисунка, достигнутая точность прогнозов позволяет сделать качественные выводы о вероятных тенденциях изменения изучаемого процесса. Вместе с тем для получения его количественных прогнозов достигнутый уровень их точности недостаточен,

вследствие чего поиск путей его повышения сохраняет свою актуальность.

При изложенной методике нахождения набора значимых факторов изучаемого процесса указанную задачу можно решить, либо увеличивая размерность модели (N), либо расширяя исходное множество факторов (что и предполагается сделать в дальнейшем).

Учитывая расположение и конфигурацию показанных на рис. 2 границ доверительного интервала прогноза (+р и -р), представляется очевидным, что в случае если рассматриваемый сценарий будущего осуществится, своих наибольших значений суммарная продолжительность периодов преобладания ЭЦМ МС в северном полушарии достигнет в 2016 г., после чего может начаться фаза ее постепенного снижения. Это еще через несколько лет может вызвать в северном полушарии смену нынешней циркуляционной эпохи. Поскольку значения среднеквадратических отклонений прогнозов рассматриваемого процесса по мере увеличения их упреждения, ощутимо возрастают, адекватность вывода о том, что снижение суммарной продолжительности преобладания ЭЦМ МС начнется после 2016 года, нуждается дополнительной в проверке, с использованием данных об изучаемом процессе за 2012 г. и 2013 г.

Из изложенного следует, что 2016 год в Северном полушарии будет ощутимо холодней, чем предыдущие годы, поскольку суммарная продолжительность периодов преобладания в нижнем слое тропосферы воздушных потоков с севера в этом году будет ощутимо выше. Весьма суровым в указанном году может стать зимний сезон во многих регионах северного полушария, прежде всего в его регионах, расположенных в зоне влияния северной Атлантики. Существенные метеорологические аномалии, угрожающие безопасности мореплавания, могут возникнуть на океанских путях, соединяющих Европу и Северную Америку.

## 5. Выводы

1. Среди факторов, которые учитывались в данной работе, наиболее значимыми для прогнозирования изменений повторяемости ЭЦМ МС в северном полушарии с упреждениями 1–4 года, при осуществлении рассматриваемого сценария будущего, являются выявленные фрагменты предысторий вариаций среднегодовых значений индекса АМО, а также числе Вольфа.

2. Из прогноза этого процесса, разработанного с использованием метода множественной регрессии и учетом выявленных значимых факторов, следует, что повышение повторяемости ЭЦМ МС в северном полушарии будет продолжаться до 2016 г., после чего начнется ее снижение. Вследствие этого среднегодовые температуры приземного слоя атмосферы во многих регионах северного полушария в 2015 и 2016 году будут ниже современных, а риски возникновения в них различных метеорологических аномалий увеличенными.

## Литература

1. Вангейм, Г. Я. О колебаниях атмосферной циркуляции над Северным полушарием [Текст] / Г. Я. Вангейм // Известия АН СССР. Сер. Географ. и Геофиз. – 1946. – № 5. – С. 405–416.

2. Гирс, А. А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. [Текст] / А. А. Гирс. – Л. Гидрометеоздат, 1974. – 488 с.

3. Дзердиевский, Б. Л., Курганская В. М., Витивицкая З. М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов [Текст] / Б. Л. Дзердиевский, В. М. Курганская, З. М. Витивицкая. – Тр. Н.-и. учреждений Гл. упр. Гидрометеорол. Службы при Совете Министров СССР. Сер.2 Синоптическая метеорология; Вып. 21. Центральный институт прогнозов. М., Л. Гидрометеоздат, 1946. – 80 с.

4. Дзердиевский, Б. Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. [Текст] / Б. Л. Дзердиевский. – Избранные труды. М. Наука, 1975. – 286 с.

5. Груза, Г. В. Климатическая изменчивость повторяемости и продолжительности основных форм циркуляции в умеренных широтах Северного полушария [Текст] / Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова // Метеорология и гидрология. – 1996. – № 1. – С. 12–22.

6. Матвеев, Л. А. Теория атмосферной циркуляции и климата Земли. [Текст] / Л. А. Матвеев. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 291 с.

7. Сидоренков, Н. С. Многолетние изменения атмосферной циркуляции и колебания климата в первом естественном синоптическом районе [Текст] / Н. С. Сидоренков, П. И. Свиренко // Труды Гидрометцентра СССР. – 1991. – Вып. 316. – С. 93–105.

8. Мартазинова, В. Ф. Крупномасштабная циркуляция атмосферы XX столетия, ее изменения и современное состояние [Текст] / В. Ф. Мартазинова, Т. А. Свердлик // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 1998. – Вып. 246. – С. 21–27.

9. Кононова, Н. К. Циркуляция атмосферы в Европейском секторе северного полушария в XXI веке и колебания температуры в Крыму [Текст] / Н. К. Кононова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Том 10, Вып. 1. – С. 633–640.

10. Океанология, Т. 1. Гидрофизика океана. [Текст] / под ред. В. М. Каменковича, А. С. Монина. – Москва: Наука, 1978. – 456 с.

11. Enfield, D. B. The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. [Text] / D. B. Enfield, A. M. Mestas-Nunez, P. J. Trimble // Geophysical Research Letters. – 2001. – Vol. 28, Issue 10. – P. 2077–2080. doi: [10.1029/2000gl012745](https://doi.org/10.1029/2000gl012745)

12. База данных индекса АМО [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.cdc.noaa.gov/Timeseries/AMO/>

13. База данных средних температур акваторий северного полушария [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ncdc.noaa.gov/>

14. База данных средних температур акваторий тропической зоны [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/index.html>

15. Вительс, Л. А. Многолетние изменения повторяемости форм атмосферной циркуляции и их преобразований в связи с солнечной активностью [Текст] / Л. А. Вительс // Труды ГГЛ. – 1960. – Вып. 90. – С. 95–115.

16. Вительс, Л. А. Синоптическая метеорология и геологофизика. Избранные труды [Текст] / Л. А. Вительс; под ред. д-ра геогр. наук Т. Покровской. – Л. Гидрометеоздат, 1977. – 251 с.

17. База данных о числах Вольфа [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gao.spb.ru/database/esaj.html>

18. Мустель, Э. Р. Солнце и атмосфера Земли [Текст] / Э. Р. Мустель. – Гос. Изд-во технико-теорет. Лит-ры, 1957. – 101 с.

19. Васищева, М. А. Вклад астрономических факторов в изменение климата [Текст] / М. А. Васищева // Труды ГГИ. – 1983. – Вып. 280. – С. 51–64.

20. Абдулсаматов, Х. И. Солнце диктует климат Земли



[Текст] / Х. И. Абдулсаматов. – Санкт Петербург. Логос, 2009. – 197 с.

21. Моханакумар, К. Взаимодействие стратосферы и тропосферы [Текст] / К. Моханакумар; пер. с англ. Р. Ю. Лукьяновой; под ред. Г. В. Алексеева. – Москва. ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 451 с.

22. Полонский, А. Б. Роль океана в изменениях климата [Текст] / А. Б. Полонский. – Киев. Наукова думка, 2008. – 184 с.

23. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия [Текст] / Н. Дрейпер, Г. Смит; 3-е изд. Applied Regression Analysis. – М.: «Диалектика», 2007. — 912 с.

24. Холопцев, А. В. Ориентировочный прогноз зимних температур в горном Крыму с учетом субоптимального набора факторов [Текст] / А. В. Холопцев // ScienceRise . – 2014. – Т. 4, № 4/1. – С. 31–42.

25. Цыпкин, Я. З. Адаптация и обучение в автоматических системах. [Текст] / Я. З. Цыпкин. – М. Наука, 1968. – 400 с.

26. База данных об изменениях в 1899-2011 гг. суммарных продолжительностей периодов, в течение которых ЭЦМ различных групп преобладали в северном полушарии [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www. Atmospheric-circulation.ru](http://www.Atmospheric-circulation.ru)

#### References

1. Vangeym, G. Y. (1946). Oscillations of the atmospheric circulation over the northern hemisphere. Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Ser. Geographer. And Geofiz., 5, 405–416.

2. Gears, A. A. (1974). Macrocirculation method of long-term weather forecasts. Lviv Gidrometeoizdat, 488.

3. Dzerdievsky, B. L., Kurgan V. M., Vitivitskaya Z. M. (1946). Typing circulation mechanisms in the northern hemisphere and characterization of synoptic seasons. Tr. H.-Y. institutions Ch. Ex. Hydro. Service under the USSR Council of Ministers. Ser.2 synoptic meteorology; Vol. 21. Central Institute of forecasts. Moscow, Lviv Gidrometeoizdat, 80.

4. Dzerdievsky, B. L. (1975). General circulation of the atmosphere and climate. Selected Works. Moscow Nauka, 286.

5. Gruza, G. V., Rankova, E. J. (1996). Climate variability frequency and duration of the main forms of circulation in the temperate latitudes of the Northern Hemisphere. Meteorology and Hydrology, 1, 12–22.

6. Matveev, L. A. (1991). Theory of atmospheric circulation and climate of the Earth. Lviv Gidrometeoizdat, 291.

7. Sidorenko, N. S., Svirenko, P. I. (1991). Long-term changes in atmospheric circulation and climate variability in the first natural synoptic region. Proceedings of the Hydrometeorological Center of the USSR, 316, 93–105.

8. Martazinova, V. F., Sverdlik, T. A. (1998). Large-scale atmospheric circulation of the twentieth century, its changes and

the current state. Naukovi pratsi Ukrayinsky Naukovo-doslidnogo gidrometeorologichnogo institutu, 246, 21–27.

9. Kononova, N. K. (2014). Atmospheric circulation in the European sector of the northern hemisphere in the XXI century and temperature fluctuations in the Crimea. Geopolitics and Ecogeodynamics regions, 10 (1), 633–640.

10. Kamenkovich, V. M., Monin, A. S. (Eds.) (1978). Oceanology, Vol. I. Hydrophysics Ocean. Moscow. Nauka, 456.

11. Enfield, D. B., Mestas-Nunez, A. M., Trimble, P. J. (2001). The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. Geophysical Research Letters, 28, 2077–2080. doi: [10.1029/2000gl012745](https://doi.org/10.1029/2000gl012745)

12. Database AMO index. Available at: <http://www.cdc.noaa.gov/Timeseries/AMO/>

13. The database average temperature of the Northern Hemisphere. Available at: <http://www.ncdc.noaa.gov/>

14. The database of average temperatures waters of the tropical zone. Available at: <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/index.html>

15. Vitels, L. A. (1960). Long-term changes in the frequency of occurrence of atmospheric circulation forms and their transformations in connection with solar activity. Proceedings of GGL, 90, 95–115.

16. Vitels, L. A. (1977). Synoptic meteorology and geliogeofizika. Selected Works. Gidrometeoizdat Lviv, 251.

17. The database on the Wolf numbers. Available at: <http://www.gao.spb.ru/database/esai.html>

18. Mustel, E. R. (1957). Soltse and the Earth's atmosphere. Gos. Publ technical and theor. Lit-ry, 101.

19. Vasisheva, M. A. (1983). Contribution to astronomical factors in climate change. Proceedings of the GGR, 280, 51–64.

20. Abdulsamatov, Kh. I. (2009). Sun dictates the Earth's climate. St. Petersburg, Logos, 197.

21. Mohanakumar, K. (2011). Interaction of the stratosphere and troposphere. Moscow, FIZMATLIT, 451.

22. Polonsky, A. B. (2008). The role of the ocean in climate. Kiev. Naukova Dumka, 184.

23. Draper, H., Smith, G. (2007). Applied regression analysis. Multiple regression. Applied Regression Analysis. Third edition. Moscow "Dialectic", 912.

24. Holoptsev, A. V. (2014). Outlooks winter temperatures in the mountainous Crimea with the suboptimal set of factors. ScienceRise», 4/1 (4), 31–42.

25. Zipkin, Ya. Z. (1968). Adaptation and learning in automatic systems. Moscow Nauka, 400.

26. Database on changes in the 1899-2011gg. The total duration of the periods during which the ECM different groups prevailed in the northern hemisphere. Available at: [www. Atmospheric-circulation.ru](http://www.Atmospheric-circulation.ru).

*Дата надходження рукопису 05.12.2014*

**Холопцев Александр Вадимович**, доктор географических наук, действительный член Крымской академии наук и академии наук Польши (комиссия по метеорологии и агроклиматологии), профессор кафедры Судовождения и безопасности мореплавания, Севастопольская морская академия, ул. Рыбаков 7-а, г. Севастополь, 99055

E-mail: [khloptsev@mail.ru](mailto:khloptsev@mail.ru)

**Федоренко Николай Иванович**, преподаватель, кафедра Судовождения и безопасности мореплавания, Севастопольская морская академия, ул. Рыбаков 7-а, г. Севастополь, 99055