

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОЗА ИНДЕКСА ТИХООКЕАНСКОГО ДЕСЯТИЛЕТНЕГО КОЛЕБАНИЯ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ ИВМ РАН НА СРОК ОТ 1 ДО 5 ЛЕТ

© 2024 г. М. С. Александров^{1, *}, Е. М. Володин^{2, **}, В. В. Воробьева^{2, ***},

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН

* e-mail: aleksandrovm@my.msu.ru,

** e-mail: volodinev@gmail.com,

*** e-mail: VWorobyeva@yandex.ru

Дата поступления: 28.01.2024 г.

Дата доработки: 04.04.2024 г.

Принята к публикации 18.04.2024 г.

На основе десятилетних прогнозов климатической модели INMCM5, разработанной Институтом вычислительной математики им. Марчука Российской академии наук, был рассчитан индекс Тихоокеанского десятилетнего колебания (ТДК). Коэффициент корреляции модельного индекса ТДК с данными реанализа уменьшается от значения, близкого к 1.0, до 0.355 в течение первого года прогноза. Модельный прогноз индекса ТДК надежен при заблаговременности до 2 лет, при больших заблаговременностях прогноза коэффициенты корреляции с данными реанализа значительно снижаются. Инерционный прогноз более точен в первые 2 года и становится менее надежным в дальнейшем. Коэффициент корреляции модельного ансамблевого прогноза индекса ТДК с собственными отдельными реализациями в ансамбле выше, чем коэффициент корреляции между средним по ансамблю и фактическим индексом ТДК. Эти результаты указывают на то, что модель климата INMCM5 имеет потенциал для существенных улучшений в прогнозировании индекса ТДК.

Ключевые слова: Тихоокеанское десятилетнее колебание, декадный прогноз, климатическое моделирование, CMIP6, соотношение сигнала и шума, инерционный прогноз, потенциальная предсказуемость, ЭОФ-анализ

DOI: 10.31857/S0030157424050089, EDN: OFNCHV

ВВЕДЕНИЕ

Десятилетние климатические прогнозы (на период от нескольких лет до нескольких десятилетий) играют важную роль в современных исследованиях климата. Они предоставляют информацию о долгосрочных климатических тенденциях, таких как изменения температуры, давления и осадков, и оказываются критически важными для принятия решений в разных сферах, включая сельское хозяйство, управление водными ресурсами и планирование инфраструктуры. Понимание климатических процессов на десятилетних временных масштабах позволяет государствам и регионам разрабатывать более эффективные стратегии адаптации к будущим изменениям климата и уменьшать риски [13].

Для достижения точности и надежности десятилетних прогнозов необходимо проводить исследование текущей прогностической способ-

ности климатических моделей. Каждые 6–7 лет Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК/IPCC) реализуются программы сравнения климатических моделей CMIP (Coupled Model Intercomparison Project), такие как CMIP5 [15] и CMIP6 [10]. Эти программы позволяют сравнивать модели климата и использовать результаты моделирования при написании оценочных докладов IPCC об изменениях климата. Основной проект программы CMIP6, посвященный десятилетнему прогнозированию состояния Земной системы с использованием данных о начальном состоянии системы, – проект DCRP (Decadal Climate Prediction Project) [6]. Проект состоит из нескольких фаз, включающих ансамблевые расчеты по воспроизведению современного климата (1850–2014 гг.) и прогностические ансамблевые расчеты на 5–10 лет для каждого года в интервале от 1960 до 2020 г., стартующие с начальных условий, приближенных к реальным.

Результаты анализа трех последних программ CMIP показывают, что климатические модели, включая модель Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН INMCM5, постоянно совершенствуются. Текущее поколение моделей лучше воспроизводит глобально осредненную приземную температуру воздуха. Амплитуды систематических ошибок, например, завышение температуры в субтропических регионах океанов, как правило, уменьшаются, но завышение температуры поверхности океана в районе Антарктики только усилилось. Среднеквадратическое отклонение воспроизведения осадков уменьшается, но систематические ошибки, такие как завышение количества осадков в тропиках, занижение количества осадков в Южной Америке, все еще остаются достаточно большими [5].

Существенное воздействие на климатические условия в течение нескольких десятилетий оказывает Тихоокеанское десятилетнее колебание (далее ТДК) — это устойчивая, повторяющаяся изменчивость климата океана и атмосферы, сосредоточенная в бассейне Тихого океана в средних широтах. ТДК проявляется в виде чередующихся зон теплых или холодных поверхностных вод в Тихом океане к северу от 20° северной широты. В течение последнего столетия период данной климатической моды изменялся от нескольких лет до нескольких десятилетий.

Во время теплой (положительной) фазы наблюдаются отрицательные аномалии температуры поверхностных вод в западной части Тихого океана и положительные — в восточной части; во время холодной (отрицательной) фазы аномалии температуры поверхности океана (ТПО) имеют противоположный знак. Кроме того, когда ТДК в положительной (отрицательной) фазе, значения давления на уровне моря в верхних широтах северной части Тихого океана, как правило, бывают ниже (выше) своих средних значений [8, 12].

Зачастую Тихоокеанское десятилетнее колебание определяют как первую эмпирическую ортогональную функцию (далее — ЭОФ) среднемесячных аномалий ТПО в северной части Тихого океана (севернее 20° с.ш.) после вычитания из нее глобально осредненной температуры поверхности океана [9].

Индекс ТДК является мерой изменчивости Тихоокеанского десятилетнего колебания и определяется как проекция среднемесячных аномалий ТПО на первую ЭОФ в северной части Тихого океана (к северу от 20° с.ш.) [9].

В данной статье оценивается качество воспроизведения ТДК в десятилетних прогнозах климатической модели Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН INMCM5 [16].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Климатическая модель Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН INMCM5 включает в себя три основных блока: блок динамики атмосферы, аэрозольный блок, блок динамики океана с включением эволюции морского льда. Разрешение в атмосферном блоке составляет $2^\circ \times 1.5^\circ$ по широте и долготе и 73 сигма-уровня по вертикали, при этом верхняя граница находится примерно на уровне 0.2 гПа. В нижней и средней стратосфере шаг по вертикали составляет примерно 500 метров, а ниже и выше этот шаг увеличивается до 1000–1500 метров. Аэрозольный блок имеет такое же разрешение, как и атмосферный блок, и в нем решаются прогностические уравнения для концентрации 10 веществ. Блок динамики океана имеет разрешение $0.5^\circ \times 0.25^\circ$, 40 сигма-уровней по вертикали. Во избежание сложностей моделирования динамики океана у полюса используется сетка со смещенным в Сибирь Северным полюсом.

Для проведения ретроспективных прогнозов на срок от 1 до 5 лет начальные состояния атмосферы, океана и суши были сгенерированы с использованием метода инициализации аномалиями относительно модельного климата. Это означает, что к климатологии модели на 1 ноября добавлялись аномалии реанализа, соответствующие стартовой дате модельного расчета:

$$W_{1980}^{NOV} = W_{model}^{NOV} + (W_{1980}^{rNOV} - W^{rNOV}),$$

где W_{model}^{NOV} — климатология модельных значений переменных за 1 ноября, W_{1980}^{rNOV} — значения переменных реанализа за 1 ноября 1980 г., W^{rNOV} — климатология значений переменных реанализа за 1 ноября. Подробнее этот метод рассмотрен в статье [2].

В качестве данных состояния климатической системы использовался реанализ атмосферы и поверхности суши ERA-Interim [11] для 1980–2018 гг., ERA5 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Reanalysis) [7] для 2019–2021 гг. (данные реанализа ERA-Interim с августа 2019 года отсутствуют), а также реанализ океана и морского льда SODA3.4.2 (Simple Ocean Data Assimilation) [14] за 1980–2020 гг. При задании начальных условий учитывается что для разных периодов лет используются данные разных реанализов.

Ансамбль начальных условий был сформирован путем внесения небольших (относительно модуля самих величин) пространственно-скоррелированных возмущений в начальное состояние.

Амплитуда этих возмущений составила примерно 0.02 м/с для V -компоненты скорости ветра и 0.02 К для температуры воздуха на всех высотах в каждой точке модельной сетки.

Расчеты проводились в соответствии с рекомендациями проекта DCPP для пятилетних ансамблевых прогнозов [6]. В данной работе использовалось 15 членов ансамбля, при минимально рекомендуемых 10. Старт прогноза был установлен на 1 ноября. Внешние воздействия, такие как концентрации парниковых газов и эмиссии атмосферных аэрозолей, параметры радиационного форсинга и другие, были заданы согласно рекомендациям программы CMIP6 для исторического эксперимента в период с 1850 по 2014 г. С начала 2015 года использовались значения внешних воздействий сценария SSP3–7.0 (Shared Socio-economic Pathways) программы CMIP6 [16]. Сценарии SSP описывают различные варианты развития общества.

Сценарий SSP3–7.0 предполагает незначительные инвестиции в образование и здравоохранение, быстрый рост населения, в нем страны отдают приоритет региональной безопасности. По одному из наиболее вероятных сценариев SSP3–7.0 радиационное воздействие увеличивается до 7.0 Вт/м² к 2100 году.

В результате был получен прогноз на 62 месяца, начиная с каждого 1 ноября с 1980 по 2021 гг., охватывающий ноябрь и декабрь стартового года прогноза, а также последующие 5 лет.

Индекс Тихоокеанского десятилетнего колебания определяется стандартным образом как скалярное произведение вектора среднемесячных аномалий температуры поверхности Тихого океана к северу от 20° северной широты на их первый ЭОФ.

Для матрицы данных X ЭОФами будут собственные векторы матрицы ковариаций $C = XX^* \in \mathbb{R}^{m \times m}$ -векторы весов для каждой точки данного пространства.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad X \in \mathbb{R}^{m \times n},$$

где i -ая строка — это изменение i -го поля во времени от t_1 до t_n .

Для нахождения первого ЭОФа матрицы X нужно найти ее первый левый сингулярный вектор.

Для составления матрицы X сначала вычисляем среднемесячные аномалии на поверхности Земли. Пусть SST_{month}^{year} — матрица со значениями

температуры поверхности океана (ТПО) в узлах сетки в месяц $month$ года $year$. Тогда среднемесячные аномалии в месяц $month$ года $year$ можно вычислить по формуле:

$$MMA_{month}^{year} = SST_{month}^{year} - \frac{1}{42} \cdot \sum_{n=1980}^{2021} SST_{month}^n.$$

Для исключения влияния глобального потепления из среднемесячных аномалий ТПО в каждом узле сетки вычитаем аномалию глобально осредненной ТПО:

$$\widehat{MMA}_{month}^{year} = MMA_{month}^{year} - WM_{month}^{year},$$

где WM_{month}^{year} — аномалия глобально осредненной температуры поверхности океана в месяц $month$ года $year$. Из полученных данных выбираем поверхность Тихого океана к северу от 20° северной широты. В итоге имеем значения среднемесячных аномалий для каждого месяца с 1980 по 2021 г. Из них формируем столбцы матрицы X . И вычисляем первый ЭОФ — EOF .

Индекс ТДК в месяц $month$ года $year$ вычисляется как скалярное произведение EOF на $\widehat{MMA}_{month}^{year}$. Для вычисления прогнозируемого индекса ТДК необходимо вычислить индекс ТДК по данным каждого члена ансамбля, а затем усреднить.

Качество прогноза оценивается с помощью коэффициента корреляции.

Для вычисления инерционного прогноза со стартовой датой x с заблаговременностью n месяцев будем считать, что индекс ТДК в следующие n месяцев после стартовой даты будет таким же, как и в момент времени x .

Для исследования потенциальной предсказуемости индекса ТДК заменим данные наблюдений модельным прогнозом одного из членов ансамбля, предполагая, что он в точности описывает природу. С помощью девяти остальных членов ансамбля сделаем прогноз индекса ТДК, чтобы проверить, насколько хорошо модель предсказывает свое собственное состояние.

Также исследуется соотношение величины сигнала индекса ТДК к величине шума (среднеквадратического отклонения внутри прогнозистического ансамбля).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Был проведен расчет первой ЭОФ ТПО на севере Тихого океана, изображенной на рис. 1. Далее был вычислен индекс ТДК, изображенный на рис. 2.

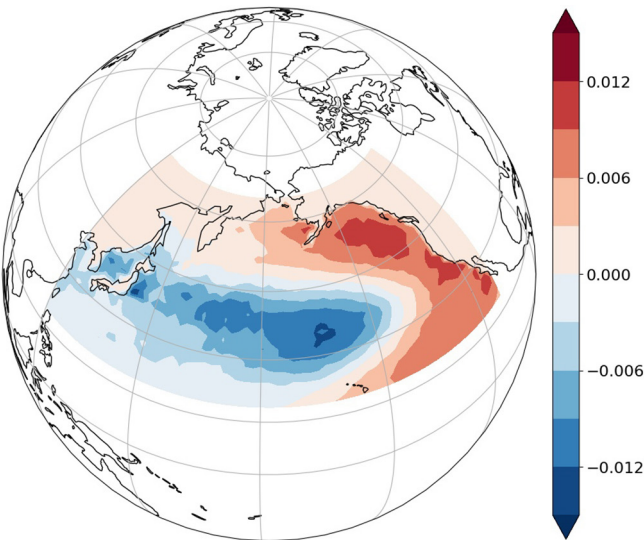


Рис. 1. Первая ЭОФ ТПО на севере Тихого океана по данным ERA-Interim.

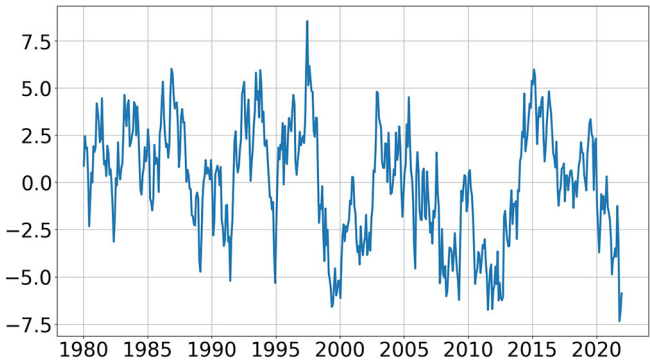


Рис. 2. Индекс ТДК по данным ERA-Interim.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции реального и спрогнозированного индекса ТДК по месяцам.

Месяц	Коэффициент корреляции
Ноябрь	0.948
Декабрь	0.795
Январь	0.686
Февраль	0.689
Март	0.653
Апрель	0.597
Май	0.474
Июнь	0.388
Июль	0.425
Август	0.378
Сентябрь	0.324
Октябрь	0.355

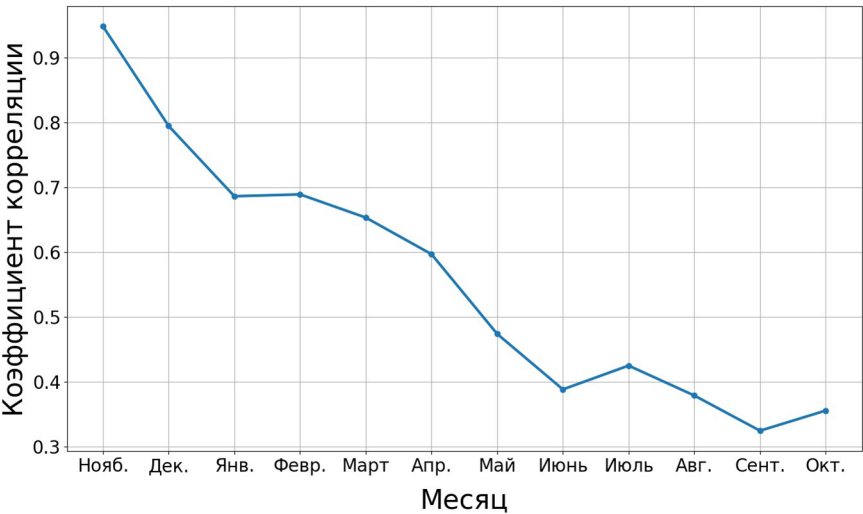


Рис. 3. График зависимости корреляции реального и спрогнозированного индексов ТДК в течение первого года прогноза.

1. Первый год прогноза

По результатам экспериментов был проведен расчет коэффициентов корреляции среднего значения индекса ТДК по ансамблю прогнозов модели INMCM5 на первый год и данным реанализа ERA5. Из рис. 3 видно уменьшение коэффициента корреляции от значения, близкого к единице в ноябре года старта, до 0.355 в октябре следующего года. Значения коэффициентов корреляции приведены в таблице 1.

2. Годы 1–5 прогноза

По результатам экспериментов был проведен расчет коэффициентов корреляции для каждого месяца первого, второго, третьего, четвертого и пятого лет прогноза модели INMCM5 между

индексом ТДК, рассчитанным по среднему по ансамблю прогнозу модели INMCM5 и по данным реанализа ERA5.

При увеличении рассматриваемого прогностического периода наблюдается существенное уменьшение коэффициента корреляции: 0.535 для первого года прогноза и 0.003 для пятого года прогноза. На рис. 4 изображен индекс ТДК для первого года прогноза, черным цветом обозначены максимальное и минимальное значения среди членов ансамбля. Значения коэффициентов корреляции на срок прогноза индекса ТДК до 5 лет приведены в таблице 2. На рис. 5 изображен средний за 5 лет индекс ТДК, коэффициент корреляции равен 0.2.

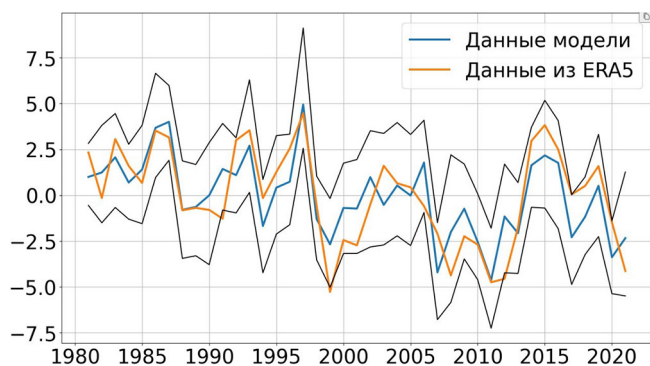


Рис. 4. Индекс ТДК, средний за месяц в течение первого года прогноза.

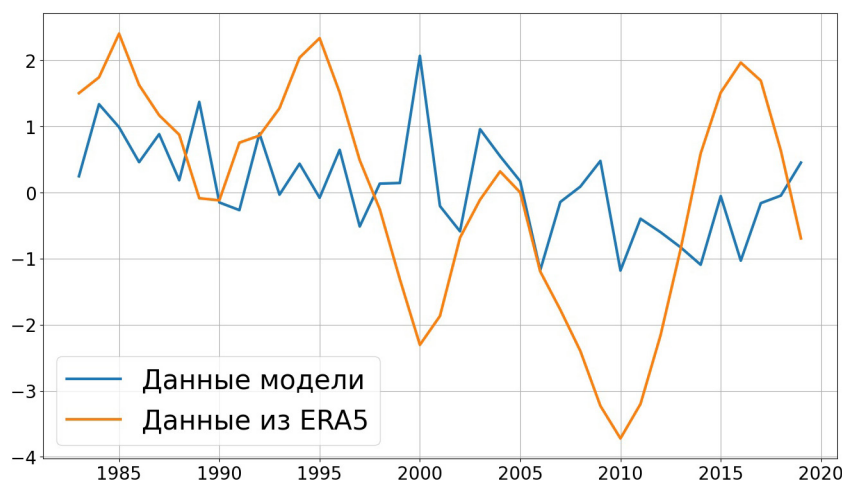


Рис. 5. Средний за 5 лет индекс ТДК.

3. Инерционный прогноз

Были рассчитаны коэффициенты корреляции для инерционного прогноза с заблаговременностью от 1 до 60 месяцев. Наблюдаются более высокие коэффициенты корреляции, чем для модельного прогноза. Как видно из рис. 6, при увеличении заблаговременности коэффициент корреляции начинает колебаться между 0.4 и 0.0.

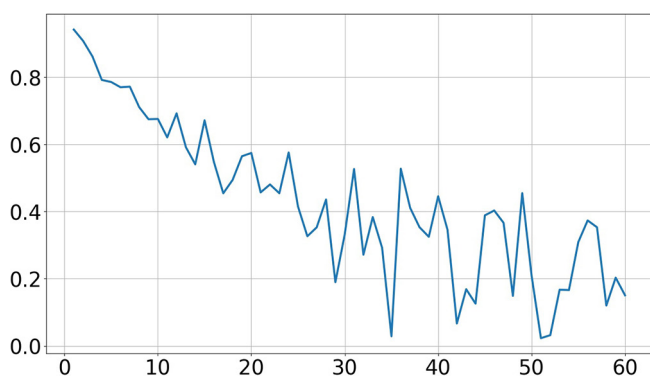


Рис. 6. Зависимость коэффициента корреляции инерционного прогноза от его заблаговременности.

Таблица 2. Коэффициент корреляции средних значений индекса ТДК по ансамблю прогнозов модели INMCM5 и данным реанализа ERA5 в зависимости от года прогноза

Год прогноза	Коэффициент корреляции
1	0.535
2	0.21
3	0.108
4	0.089
5	0.003

4. Потенциальная предсказуемость

Как видно из рис. 7, коэффициент корреляции модельного ансамблевого прогноза индекса ТДК с собственными отдельными реализациями в ансамбле выше, чем коэффициент корреляции между средним по ансамблю и фактическим индексом ТДК. Эти результаты указывают на то, что модель климата INMCM5 имеет потенциал для существенных улучшений в прогнозировании индекса ТДК.

5. Соотношение сигнала и шума в ансамбле

Как видно из таблицы 3, в начальный период прогноза шумовой компонент значительно меньше, чем сигнал в ансамбле. Это соответствует

Таблица 3. Величина и шум сигнала индекса ТДК в течение первых трех лет прогноза

Год прогноза	1 год	2 год	3 год
Шум сигнала индекса ТДК	3.32	4.42	4.86
Сигнал индекса ТДК	4.23	1.42	0.9

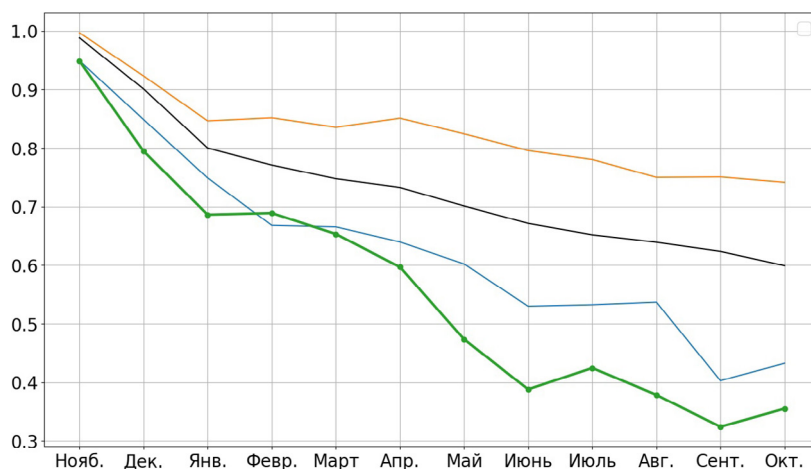


Рис. 7. Зависимость коэффициента корреляции модельного ансамблевого прогноза индекса ТДК с собственными отдельными реализациями в ансамбле от месяца: среднее — черным цветом, минимальное — синим цветом, максимальное — оранжевым цветом для различных членов ансамбля в течение первого года прогноза. Зеленым цветом — коэффициент корреляции между средним по ансамблю и фактическим индексом ТДК.

более высоким коэффициентам корреляции на первый год прогнозного периода. Однако по мере увеличения прогнозного периода до двух лет и больше шумовая составляющая начинает превышать величину сигнала, что приводит к значительному ухудшению прогноза. Несмотря на то что во второй год прогнозного периода коэффициент корреляции еще не снижается значительно, в последующие годы он сильно ухудшается, указывая на существенное ухудшение качества прогноза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе десятилетних прогнозов климатической модели ИВМ РАН проведен расчет индекса Тихоокеанского десятилетнего колебания. Коэффициенты корреляции индекса ТДК по данным прогноза модели ИВМ РАН и данным реанализа ERA5 для каждого месяца первого года прогноза уменьшаются от значения, близкого к единице в ноябре года старта, до 0.355 в октябре следующего года. Полученные результаты показывают, что индекс ТДК обладает инерционностью и не утрачивает предсказуемости в течение годичного прогнозного периода.

При увеличении рассматриваемого прогнозистического периода значение коэффициента корреляции составляет 0.535, 0.21 для первого и второго лет прогноза соответственно и снижается до 0.108, 0.089 и 0.003 для третьего, четвертого и пятого лет прогноза соответственно. Таким образом, показано, что модельный прогноз индекса ТДК возможен для первых двух лет прогноза.

Инерционный прогноз демонстрирует более высокую корреляцию временных рядов индекса ТДК между прогнозируемыми и фактическими

значениями в первые два года по сравнению с модельным прогнозом. Начиная с 25 месяцев прогноза, коэффициент корреляции начинает колебаться и не превышает 0.4, доходя до значений, близких к нулю при некоторых значениях заблаговременности. Следовательно, инерционный прогноз более точен, но его применимость также ограничивается первыми двумя годами.

Коэффициент корреляции модельного ансамблевого прогноза индекса ТДК с собственными отдельными реализациями в ансамбле выше, чем коэффициент корреляции между средним по ансамблю и фактическим индексом ТДК. Эти результаты указывают на то, что модель климата INMCM5 имеет потенциал для существенных улучшений в прогнозировании индекса ТДК.

Модели климата INMCM5 присущи систематические ошибки, наблюдаемые у многих других климатических моделей: например, занижение приземной температуры в Арктике, завышение температуры поверхности в умеренных широтах Южного полушария. Также модели присущи специфические систематические ошибки: например, завышение давления на уровне моря и завышение геопотенциала на любом уровне в тропосфере, над северной частью Тихого океана. В новой версии модели INMCM60 были изменены настройки параметризации в схеме расчета облачности и крупномасштабной конденсации, аэрозольный блок, блок расчета эволюции снега. В результате часть проблем стала меньше проявляться, норма ошибки приземной температуры, норма ошибки воспроизведения среднегодовых и среднемесячных осадков уменьшились [1]. Последние улучшения океанического блока

включают в себя модификацию схемы интегрирования скаляров и компонент скорости по времени, изопикнической диффузии [3] и схемы расчета диссипации горизонтальных компонент скорости [4].

В последующих работах планируется исследование того, насколько произведенные в модели изменения повлияли на качество воспроизведения индекса ТДК.

Источники финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 22-17-00247 (анализ качества прогноза Тихоокеанского десятилетнего колебания на срок от 1 до 5 лет по данным декадных прогнозов модели INMCM5), а также в рамках тематики “Создание расширенной версии модели Земной системы ИВМ РАН на базе новой вычислительной платформы” (шифр — FFMG-2023-0001) Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений (сравнение с инерционным прогнозом, исследование потенциальной предсказуемости).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Володин Е.М. Воспроизведение современного климата моделью климатической системы INMCM60 // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2023. Т. 59. № 1. С. 19–26.
2. Воробьева В.В., Володин Е.М. Экспериментальные исследования сезонной предсказуемости погоды, выполненные на основе климатической модели ИВМ РАН // Матем. моделирование. 2020. Т. 32. № 11. С. 47–58.
3. Blagodatskikh D. Comparison of computational efficiency of two versions of a terrain-following ocean climate model // Numerical methods and programming. 2023. V. 24. № 4. P. 440–449.
4. Blagodatskikh D., Iakovlev N., Volodin E., Gritsun A. Non-local discretization of the isoneutral diffusion operator in a terrain-following climate ocean model // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2023. V. 38. № 6. P. 353–360.
5. Bock L., Lauer A., Schlund M. et al. Quantifying progress across different CMIP phases with the ESMVal-Tool // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2020. V. 125. № 21. P. e2019JD032321.
6. Boer G.J., Smith D.M., Cassou C. et al. The Decadal Climate Prediction Project (DCPP) contribution to CMIP6 // Geosci. Model Dev. 2016. V. 9. № 10. P. 3751–3777.
7. Carton J.A., Chepurin G.A., Chen L. SODA3: A new ocean climate reanalysis // J. Clim. 2018. V. 31. № 17. P. 6967–6983.
8. Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J. et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system // Q.J.R. Meteorol. Soc. 2011. V. 137. № 656. P. 553–597.
9. Deser C., Alexande M., Xie S., Phillips A. Sea surface temperature variability: patterns and mechanisms // Annual review of marine science. 2010. V. 2. P. 115–143.
10. Eyring V., Bony S., Meehl G.A. et al. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization // Geosci. Model Dev. 2016. V. 9. № 5. P. 1937–1958.
11. Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S. The ERA5 global reanalysis // Q.J.R. Meteorol. Soc. 2020. V. 146. № 730. P. 1999–2049.
12. Mantua N., Hare S., Zhang Y. et al. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with impacts on salmon production // Bull. Am. Meteorol. Soc. 1997. V. 78. № 6. P. 1069–1080.
13. Meehl G., Goddard L., Murphy J. et al. Decadal prediction: can it be skillful? // Bull. Am. Meteorol. Soc. 2009. V. 90. № 10. P. 1467–1485.
14. O'Neill B., Tebaldi C., Vuuren D. et al. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6 // Geoscientific Model Development Discussions. 2016. V. 9. № 9. P. 3461–3482.
15. Taylor K.E., Stouffer R.J., Meehl G.A. An Overview of CMIP5 and the experiment design // Bull. Am. Meteorol. Soc. 2012. V. 93. № 4. P. 485–498.
16. Volodin E.M., Mortikov E.V., Kostykin S.V. et al. Simulation of the present day climate with the climate model INMCM5 // Clim. Dyn. 2017. V. 49. № 11. P. 3715–3734.

STUDY OF THE PDO INDEX PREDICTABILITY FOR 1 TO 5 YEARS WITH INMCM5

M. S. Aleksandrov^{a, *}, E. M. Volodin^{b, **}, V. V. Vorobyeva^{b, ***}

^a *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

^b *Marchuk Institute of Numerical Mathematics of the Russian Academy of Sciences*

* *e-mail: aleksandrovms@my.msu.ru,*

** *e-mail: volodinev@gmail.com,*

*** *e-mail: VVorobyeva@yandex.ru*

The Pacific Decadal Oscillation (PDO) index has been calculated using the INMCM5 climate model developed by the Marchuk Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy of Sciences. The PDO index correlation with the reanalysis data decreases from about 1.0 in November of the starting year to 0.355 in October of the following year. The model forecast for the PDO index is reliable for the first 2 years, but correlation coefficients decline significantly after that. The inertial forecast is more accurate in the first 2 years and becomes less reliable onward. The correlation coefficient for the model ensemble forecast of the PDO index with its components in the ensemble is greater than the correlation between the ensemble average and the actual PDO index. The INMCM5 climate model is suggested to have potential for considerable improvement in forecasting the PDO.

Keywords: Pacific Decadal Oscillation, decadal predictions, climate modelling, CMIP6, signal-to-noise ratio, inertial forecast, potential predictability, EOF analysis