

The questions of efficiency and validity of transition in working normative documents to the increased value of thermal resistance to a heat transfer external walls protection - is presented in the paper.

УДК 631.95:551.5

Логинов В.Ф., Микуцкий В.С.

## О СВЯЗИ РАЗЛИЧНЫХ ФАЗ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА С СОБЫТИЯМИ ЛА-НИНЬО И ЭЛЬ-НИНЬО И ФАЗАМИ МНОГОЛЕТНЕГО ТИХООКЕАНСКОГО КОЛЕБАНИЯ

**Введение.** Наблюдающееся с конца 70-х гг. прошлого столетия взрывное потепление климата имеет свои особенности на глобальном и полусферном уровне, а также в годовом ходе. Детальные сезонные особенности потепления были рассмотрены в [1]. Характерным признаком потепления практически при всех пространственно-временных масштабах осреднения является его замедление в последние 10–15 лет. В [1] были указаны возможные причины паузы в изменении глобального климата:

- 1) понижение температуры в восточной части Тихого океана, связанное с большой повторяемостью и мощностью событий Ла-Ниньо;
- 2) рост аэрозольного загрязнения атмосферы;
- 3) снижение солнечной активности в последнем 11-летнем солнечном цикле (24-м по цюрихской нумерации).

В предлагаемой статье основное внимание будет уделено первому из этих «охлаждающих» атмосферу факторов, каждый из которых может уменьшать скорость потепления климата, связанного с ростом содержания парниковых газов.

**Основные результаты.** Рассмотрим динамику аномалий среднегодовой глобальной температуры (отклонений температуры от нормы, высчитанной за 1901–2000 гг.) по данным Национального центра климатических данных, США (National Climatic Data Center, NCDC) [2], а также их тренды для различных подпериодов (рис. 1). Как видим, за последнее столетие (начиная с 1905–1910 гг.) произошло увеличение среднегодовой глобальной температуры приблизительно на  $0,8 \pm 0,9$  °C. Из рисунка видно также, как меняются тренды при варьировании рассматриваемых подпериодов. Отметим, что в обоих случаях второй и четвёртый подпериоды приходятся на «потепление Арктики» в первой половине прошлого столетия и современное потепление климата соответственно. Отличие между графиками, приведёнными на рис. 1, состоит в том, что периоды первого графика (рис. 1, а) выбраны так, чтобы тренды подпериодов потепления были максимально возможными, а тренды оставшихся подпериодов – минимальными. Таким образом, можно говорить об отчётливо выделяющихся трёх фазах относительно «стационарного» режима температуры и двух фазах максимальных градиентов её повышения.

Важным является то, что наличие последней паузы потепления

входит в определённое противоречие с преобладающей ныне парниковой теорией потепления, поскольку экспоненциальный рост концентрации углекислого газа в атмосфере продолжается. Этот факт, а также скачкообразный ход изменений температуры требует своего объяснения.

С энергетической точки зрения наиболее обоснованной причиной паузы в скорости роста глобальной температуры за последние 10–15 лет могло быть понижение температуры на востоке и в центре экваториальной части Тихого океана. Как правило, отрицательные аномалии температуры здесь формируются во время так называемых событий Ла-Ниньо. Известно, что события Ла-Ниньо и Эль-Ниньо – это колебания температуры поверхностного слоя воды в экваториальной части Тихого океана.

Многие специалисты считают [3], что с увеличением характерных периодов рассматриваемых процессов в климатической системе роль океана в их поддержании должна возрастать. Однако имеются разные точки зрения относительно роли крупномасштабного взаимодействия океана с атмосферой в формировании климатической изменчивости на низких частотах. В настоящее время наиболее разработаны три гипотезы.

Согласно первой концепции, океан, воспринимая атмосферные воздействия, спектр которых близок к белому шуму, генерирует отклик, представляющий собой относительно пассивную реакцию на эти воздействия. Он имеет вид красного шума, то есть спектра с концентрацией большей части энергии в области низких частот.

В соответствии со второй концепцией внутренние океанические процессы порождают механизмы многолетней изменчивости климата. В данном случае спектры океанических полей характеризуются пиками в области низких частот.

Третья концепция в качестве важнейшего фактора климатической изменчивости рассматривает крупномасштабное взаимодействие океана с атмосферой на низких частотах и связанные моды в системе океан–атмосфера. В этом случае спектры океанических и атмосферных полей характеризуются пиками в области относительно низких частот, которые обусловлены наличием связанных мод в системе океан–атмосфера.

Типичные проявления низкочастотной изменчивости атмосфер-

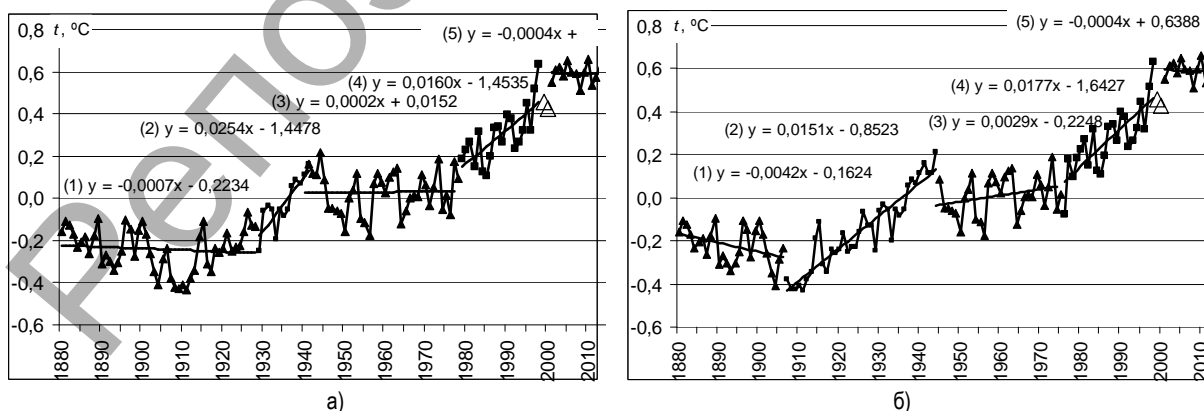


Рис. 1. Аномалии среднегодовой глобальной температуры и их тренды по периодам:

1880–1928, 1929–1941, 1942–1978, 1979–1998, 2001–2013 гг. (а)

1880–1906, 1907–1944, 1945–1975, 1976–1998, 2001–2013 гг. (б)

Логинов Владимир Федорович, д.г.н., профессор, главный научный сотрудник, академик НАН Беларуси.

Микуцкий Владимир Станиславович, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: m-vs@tut.by.

ной циркуляции называют телеконнекционными низкочастотными колебаниями, или климатическими сигналами. Главные центры телеконнекции, влияющие на климат Евразии, концентрируются над экваториальной и северной частями Тихого океана, Северной Америкой и Северо-Атлантическо-Европейским сектором.

В качестве меры изменчивости таких климатических сигналов обычно используют характеристики их интенсивности, чаще всего выражаемые как перепад давления между центрами действия атмосферы или как пространственные эмпирические моды в разложении поля давления. В настоящее время выделено несколько типов телеконнекционных климатических сигналов. Они определяют межгодовую изменчивость гидрометеорологических полей глобального и полусферного (для Северного полушария) масштабов.

Наиболее значимым сигналом в системе океан—атмосфера на этих масштабах является так называемое явление Эль-Ниньо—Южное колебание (ENSO—ЭНЮК).

Первоначально термином “Эль-Ниньо” (ЭН) называлось тёплое течение, формирующееся каждый год в конце декабря в период ослабления юго-восточного пассата (устойчивые ветры восточной четверти, дующие в течение всего года над океанами на обращенной к экватору периферии субтропических антициклонов в каждом полушарии) у берегов Южной Америки. В обычные годы интенсивность его невелика, а период существования не больше сезона. В более широком смысле “Эль-Ниньо” – аномальное потепление верхнего слоя центральной и восточной частей экваториальной зоны Тихого океана, вызываемое ослаблением пассатной циркуляции в экваториальной атмосфере (или ячейки Уокера) и происходящее в среднем каждые 3–5 лет.

Южное колебание (ЮК) как глобальное метеорологическое явление первыми описали Г. Уокер (1924) и Е. Блисс (1932): при повышении давления в Тихом океане наблюдается понижение давления в Индийском океане в направлении от Африки к Австралии. Этот процесс сопровождается изменением температуры в обоих регионах. Данная закономерность относится к многолетнему масштабу изменчивости.

Впервые на взаимосвязь ЮК и ЭН обратил внимание, по-видимому, Бьеркнес (Bjerknes, 1969), после работ которого стало ясно, что ЭНЮК представляет собой глобальное явление в системе океан—атмосфера с типичным временным масштабом в несколько лет. Явление ЭНЮК достаточно подробно описано в литературе, особенно для Тихого океана [4].

В других работах [5] показано, что формирование основных циркуляционных систем в период Эль-Ниньо и тесно связанного с ним Южного колебания обусловлено не крупномасштабными процессами, а процессами синоптического масштаба, связь которых с эффектами бароклинности вполне очевидна.

Показано [3], что в годы отсутствия ЭН и формирования циркуляционных систем, характерных для Ла-Ниньо (ЛН), циркуляция вод в тропической зоне Тихого океана характеризуется наличием западных Северного и Южного пассатных течений, возбуждаемых пассатными ветрами, и системы восточных экваториальных подповерхностных противотечений. Северное и Южное пассатные течения нагоняют тёплые поверхностные воды в западную часть Тихого океана. Толщина верхнего квазиизотермического слоя, температура которого превышает 29–30 °С, достигает здесь 150 м. При этом у восточного побережья температура воды составляет около 20 °С. В результате создается градиент давления, направленный на восток, что приводит к формированию противотечений.

Значительные климатические зональные градиенты температуры на поверхности океана в его экваториальной зоне приводят к формированию в атмосфере особых циркуляционных условий, называемых циркуляционной ячейкой Уокера. Она характеризуется восходящими движениями в западной части океана (возникающими вследствие интенсивной конвекции над областью тёплых поверхностных вод), нисходящими — в восточной части (в области апвеллинга), восточными ветрами в нижней и западными — в верхней тропосфере/стратосфере. Усиление пассатов сопровождается увеличением зонального градиента температуры в верхнем слое океана. Таким образом, между интенсивностью пассатных течений и циркуляционной ячейкой Уокера существует положительная обратная связь.

Чем больше разность приведенного к уровню океана давления между островом Таити (восток Тихого океана) и пунктом наблюдений

Дарвин (Австралия), тем интенсивнее циркуляция Уокера, а значит, и пассатные ветры в экваториальной части океана. Именно наличие циркуляционной ячейки, обусловленное положительной обратной связью с пассатными течениями, оказывает решающее влияние на формирование интенсивных событий ЭН в Тихом океане.

Типичному ЭН обычно предшествует год с аномально высоким индексом ЮК и увеличенными зональными градиентами температуры поверхности океана. Затем происходит резкое ослабление циркуляционной ячейки Уокера, что приводит к ослаблению Тихоокеанских пассатов. Индекс ЮК становится, соответственно, отрицательным. Под действием резкого изменения атмосферных условий, масса тёплой поверхностной воды устремляется из западной в восточную часть акватории Тихого океана, формируется тёплую аномалию в центральной и восточной частях экваториальной зоны, достигающую в отдельные годы 5–7 °С. Время распространения этой аномалии на всю акваторию составляет несколько месяцев.

Особенности конкретных событий ЭН обусловлены относительной аномальностью зональных и меридиональных ветров над всей экваториальной зоной и у западного побережья Южной Америки.

В развитии и поддержании крупной положительной аномалии температуры в океане принципиальную роль играет отмеченная выше положительная обратная связь между аномалиями температуры воды и аномалиями интенсивности циркуляционной ячейки Уокера.

Крупная положительная аномалия в экваториальной зоне Тихого океана оказывает прямое влияние на интенсивность циркуляции Хэдди. За счет увеличения разности температур между полюсами и экватором аномально тёплая вода в экваториальной зоне Тихого океана интенсифицирует циркуляцию Хэдди, что приводит к усилению пассатных ветров и восстановлению обычной климатической ситуации в океане. Время приспособления океанических полей к интенсифицирующейся циркуляции Хэдди составляет несколько месяцев. Таким образом, развитие и затухание ЭНЮК определяется конкуренцией положительной и отрицательной обратных связей между аномалиями ТПО в экваториальной зоне Тихого океана и интенсивностью атмосферных ячеек Уокера и Хэдди. Это означает, что автоколебательные процессы большой длительности в системе «океан—атмосфера» формируют многолетние изменения температуры Тихого океана.

**Связь глобальных изменений температуры с повторяемостью Эль-Ниньо и Ла-Ниньо и фазами многолетнего тихоокеанского колебания (тихоокеанской декадной осцилляции, ТДО).** Существуют многочисленные эмпирические свидетельства наличия как минимум двух разных мод в долгопериодной изменчивости океанических и атмосферных параметров. Типичные временные масштабы их 10–30 и 50–100 лет. Соответствующие амплитуда флуктуаций ТПО – 0,5 °С.

Самое интенсивное повышение температуры в Северном и Южном полушариях Земли наблюдалось в период частых и интенсивных событий Эль-Ниньо в 80–90-е гг. XX в. В противоположность этому усилению скорости восточных ветров (пассатов) в Тихом океане сопровождается более частым и интенсивным развитием событий Ла-Ниньо и коррелирует с низкими температурами (конец 40-х–конец 70-х гг. XX в.) или отсутствием роста температуры земного шара в последние годы (1998–2013 гг.).

Известно, что скорость пассатов за последние 20 лет возросла. В работе [1] рассмотрена динамика эволюции пассатов и скорости ветра за последние полтора столетия. Оставляя за рамками настоящего исследования вопрос о причинах усиления пассатов, отметим важный для нас факт наличия связи событий Эль-Ниньо и Ла-Ниньо с определенными фазами многолетнего тихоокеанского колебания ТДО (Pacific Decadal Oscillation, PDO) – автоколебания в климатической системе «океан—атмосфера».

Пространственно-временные и амплитудные характеристики первой моды существенно различаются для океанов. Для Тихого океана – это декадная мода многолетнего тихоокеанского колебания, ТДО (Тихоокеанской декадной осцилляции).

Многолетнее тихоокеанское колебание отличается значительной устойчивостью и особенно выражено в северной части Тихого океана, в его североамериканском секторе.

За последний более чем столетний период в тихоокеанском колебании обнаружены длительные «тёплые» и «холодные» фазы. «Холодная» фаза была характерна для периода времени с 1890 по

1924 г. «Тёплые» фазы наблюдались в 1925–1943 г. и с 1977 г. до середины 90-х гг. XX в. В последние 15–16 лет вновь наступила «холодная» фаза (рис. 2).

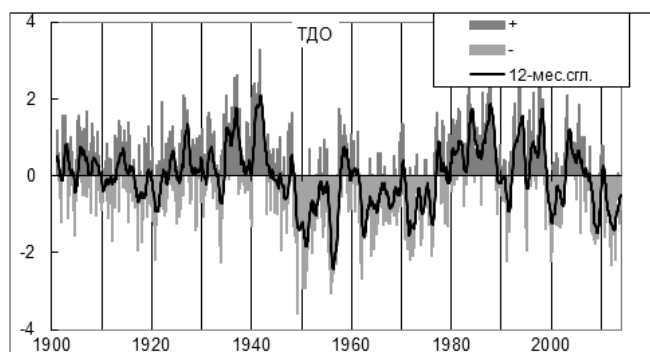


Рис. 2. Месячные значения многолетнего тихоокеанского колебания и скользящие 12-месячные сглаженные значения

Таким образом, хотя для явлений Эль-Ниньо и Ла-Ниньо и характерны другие пространственно-временные особенности, чем для ТДО, тем не менее, их повторяемость и мощность определенным образом связаны с фазами многолетнего Тихоокеанского колебания: для «тёплой» фазы более характерно Эль-Ниньо, а для «холодной» – Ла-Ниньо [6]. На рис. 3 представлены указанные фазы «тёплых» и «холодных» периодов ТДО, а также фазы относительно «стационарного» режима температуры и максимальных градиентов её повышения (см. рис. 1).

Из рис. 3 следует, что фазы максимально быстрого повышения температуры наступают вскоре (через 2–4 года) после начала «тёплых» фаз ТДО. Ослабление ТДО влечёт снижение скорости потепления и/или переход к «стационарному» режиму температуры. Проверка сопряжённости указанных фаз по G-критерию Вулфа [7] подтверждает статистически значимую на уровне 0,99 связь между указанными фазами ТДО и температуры.

**Заключение.** «Холодные» фазы многолетнего тихоокеанского колебания соответствуют периодам стационарного характера среднегодовой глобальной температуры, в то время как переход к «тёплой» фазе ТДО индуцирует запаздывающий на 2–4 года рост температуры с максимальным градиентом. Спад ТДО влечёт ослабление скорости потепления и, возможно, с 2–3-летним лагом, возврат к стационарному состоянию, но уже на более высоком уровне. Поскольку в настоящее время ТДО находится во второй половине «хо-

лодного» периода своей эволюции, то с наступлением его «тёплой» фазы можно ожидать прекращения нынешней паузы в развитии потепления. Данные по изменению температуры ближайших нескольких лет подтвердят или опровергнут эту гипотезу.

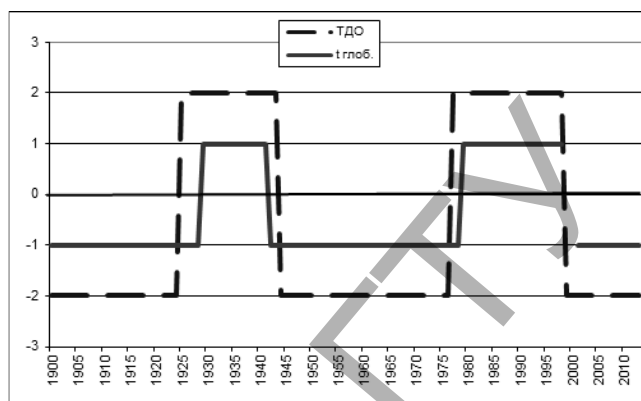


Рис. 3. «Холодные» (–2) и «тёплые» (+2) фазы ТДО и фазы «стационарного» режима (–1) и максимальных градиентов повышения (+1) среднегодовой глобальной температуры

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Логинов, В.Ф. Тренды и паузы в изменении глобального климата в различные сезоны года / В.Ф. Логинов, В.С. Микуцкий, Ю.А. Бровка // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – С. 10–18.
2. National Climatic Data Center / Режим доступа: <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/anomalies>. – Дата доступа: 03.02.2014.
3. Полонский, А.Б. Роль океана в изменениях климата. – Киев: Наукова думка. 2008. – 184 с.
4. Кондратьев, К.Я. Экодинамика и геополитика. Глобальные проблемы. – СПб., 1999. – 1032 с.
5. Гуцина, Д.Ю. О взаимодействии океана и атмосферы в период Эль-Ниньо – Южное колебание 1982-1983 гг. / Д.Ю. Гуцина, Е.К. Семенов // Вестник МГУ. Сер. 5: География. – 1994. – №5. – С. 32–39.
6. Tollefson, J. The case of the missing heat / J. Tollefson // Nature. 16 January, 2014. – Vol. 505. – P. 276–278.
7. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

Материал поступил в редакцию 23.03.14

#### LOGINOV V.F., MIKUTSKYV. S. About communication of various phases of warming of climate with events of La-ninyo and El Niño and phases of long-term Pacific fluctuation

Arguments in favour of a hypothesis about connection of "warm" and "cold" phases of Pacific Decadal Oscillation with periods of maximally snowballing of global temperature and stationary periods of temperature accordingly are adduced.

УДК 556.044

Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Долгов С.В., Зайцева И.С.

### ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ В МИРЕ И В РОССИИ

**Введение.** Под экстремальными гидрологическими ситуациями (ЭГС) понимается такое количественное или качественное состояние водных объектов, элементов гидрологического режима территории, которое кардинально отличается от обычного, общепринятого, среднего.

Существует большое число различных ЭГС. Попытка их классификации, как и определения критериев выделения, предпринята в работе [7].

**Коронкевич Николай Иванович**, д.г.н., профессор, зав. лабораторией гидрологии ИГ РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт географии Российской академии наук, член Ученого совета Русского географического общества, председатель Гидрологической комиссии Московского отделения Русского географического общества, Россия, г. Москва, e-mail: hydro-igras@yandex.ru

**Барабанова Елена Алексеевна**, к.г.н., ст. научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт географии Российской академии наук, Россия, г. Москва, e-mail: brea@inbox.ru

**Долгов Сергей Владимирович**, к.г.н., ст. научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт географии Российской академии наук, Россия, г. Москва, e-mail: svdolgov1978@rambler.ru

**Зайцева Ирина Сергеевна**, к.г.н., ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт географии Российской академии наук, Россия, г. Москва, e-mail: zirin@mail.ru