

ГЕОМОРФОЛОГИЯ, ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.583.15 (571.12 + 571.5) + 911.2
DOI: 10.17223/25421379/1/9

Н.С. Евсеева, Л.Б. Филандышева

*Национальный исследовательский
Томский государственный университет, Томск, Россия*

ДИНАМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И СЕЛЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

Проведен анализ региональных особенностей пространственно-временных изменений гидротермических условий, показаны их циклическая составляющая и селективный характер влияния последних на развитие геосистем. Основное внимание уделено переходным природным зонам – лесотундре (станция Салехард) и лесостепи (станция Омск), ландшафты которых наиболее чутко реагируют на устойчивые изменения климата, по сравнению с другими зональными комплексами.

Ключевые слова: климат, изменение, тенденции, циклы, температура воздуха, ландшафты, селективность.

Одной из важнейших задач общества на современном этапе является оценка состояния окружающей среды и роли климата как одного из ведущих факторов, определяющих ее изменения. Успешность решения данного вопроса зависит от степени и глубины научного познания механизма функционирования системы «климат – ландшафтная оболочка», что является, по мнению А.А. Величко [3], естественнонаучной проблемой величайшей сложности.

Следует отметить, что на фоне определенных тенденций в глобальных изменениях климата в длительном временном диапазоне для него также характерна циклическая составляющая. Основы учения о циклических изменениях климата заложены немецким географом и климатологом Э. Брикнером. Еще в 1890 г. им для Западной Европы установлены колебания климата, выражающиеся в чередовании теплых и сухих периодов с холодными и влажными, продолжительностью в среднем около 35 лет, известные как брикнеровы периоды (циклы).

Несколько позднее, в 1901 г., основоположник климатологии в России А.И. Воейков опубликовал работу, где показал влияние колебаний климата на уровни озер Туркестана и Западной Сибири. В дальнейшем появилось много работ, подтверждающих наличие периодически повторяющихся яв-

лений климата и природных процессов с иными интервалами времени. Так, М. Миланкович в 1934 г. разработал астрономическую теорию циклических изменений климата для масштабов 10^4 лет и более, основанную на периодически возникающих отклонениях инсоляции полушарий от средней величины за большой период времени. На этой основе он выделил 40700- и 21000-летние и другие по продолжительности циклы.

Теория о многовековой (1800–2000 лет) и внутривековой цикличности общей увлажненности северных материков разработана А.В. Шнитниковым. Он указывает, что длительность внутривековых ритмов может изменяться от 20–30 до 45–47 лет, на фоне которых вероятны и менее продолжительные циклы – 7–10-летние [13].

В.А. Дергачев, В.Ф. Чистяков [5] на основе исследования по космическим изотопам глобальных особенностей солнечной активности, климата и интенсивности космических лучей в прошлом пришли к выводу о наличии, наряду с 22- и 90-летними, таких фундаментальных циклов, как 210- и 2400-летние.

В настоящее время возросло внимание многих ученых к проблеме изменения климата, причем не только естественных, но и социальных наук, имеющих разные взгляды на данный вопрос, в том числе в пользу усиливающегося антропогенного влияния на него. На 21-й международной конференции по климату, прошедшей в декабре 2015 г. в Париже, было указано, что научные выводы доказывают антропогенную роль в современном глобальном потеплении климата [2].

Однако есть и другие мнения. Например, В.Ф. Логинов [10] отмечает, что ряд особенностей климата не могут быть объяснены только влиянием парниковых газов. Он видит главную причину современного потепления климата в циклических изменениях глобальных и региональных температур воздуха. Средняя продолжительность одного из известных циклов (векового) в изменении глобальной температуры составляет 60–70 лет. В.Ф. Логинов отмечает и еще одну особенность изменения глобальной температуры – это «скачкообразность» ее роста. Он выделил в ходе температуры воздуха в период с 1962–2010 г. несколько таких «ступенек». Продолжительность каждой из них 15–17 лет, а переход температуры на новый уровень происходит в течение 6–7 лет.

Кроме этого, в функционировании климатической системы выделяют и другие циклы: квазидвухлетний (26-месячный); 2–5,5-летний; 5–6-летний; 7–10-летний; 11-летний; 22-летний; 35-летний; 40–60-летний; 80–90-летний (вековой); 160–180-летний и др.

Механизм образования циклов является дискуссионным, тем не менее цикличность целесообразно рассматривать как вынужденную реакцию климатической системы на внешние воздействия или как прямую резонансную раскачку на собственных частотах. Например, квазидвухлетние циклы, возможно, связаны с чандлеровским колебанием полюсов Земли, возбуждающим в атмосфере и океане «полюсной прилив», который может взаимодействовать с сезонными климатическими колебаниями [12].

Причины наблюдаемых 60–70-летних циклов могут объясняться: автоколебаниями климатической системы, квазивековыми колебаниями солнечной активности, воздействием Юпитера и Сатурна [10]. На основе комплексного анализа данных наблюдений гидрометеорологических характеристик тропосферы и океана получены новые доказательства воздействия солнечной активности на климатические процессы [14].

А.А. Баренбаум [1] считает, что струйные истечения газопылевого вещества из ядер спиральных Галактик оказывают большое влияние на цикличность климата, тектонических процессов, на геохимический круговорот вещества на Земле и др.

Не углубляясь в причины, вызывающие циклические колебания гидротермических режимов, следует отметить, что они имеют место и оказывают влияние на природные процессы на нашей планете. В.Ф. Логинов [10] отмечает, что в условиях изменения климата особенно актуальной становится оценка ответной реакции ландшафтов, которая может проявляться как постепенно, так и быстро. Авторы данной статьи рассмотрели современные тенденции изменения и циклические колебания гидротермических показателей Западно-Сибирской равнины (ЗСР) за последние 100 лет, а также их влияние на природные процессы.

Объект, материалы и методы исследования

Западно-Сибирская равнина – одна из крупнейших низменных равнин земного шара, протяженность ее с севера на юг 2500 км, с запада на восток – до 1900 км, а площадь – более 3 млн км². На территории ЗСР отчетливо выражена широтная географическая зональность – от тундры на севере до степи на юге. Характерная особенность большинства зон – распространение болотных ландшафтов, на юге равнины развиты солонцы и солончаки. В северной части сформировалась многолетняя мерзлота, динамично реагирующая на колебания климата, а на юге – уровень степных озер, характеризующийся цикличностью развития.

В основу настоящей работы положены следующие материалы:

1) данные по среднегодовой температуре и осадкам приземного слоя воздуха из базы данных ВНИИГМИ–МЦД за период с 1936 по 2012 г. по станциям Салехард и Омск, расположенным в переходных природных зонах – лесотундре и лесостепи соответственно, границы которых из-за потепления климата меняются наиболее заметно по сравнению с другими зональными комплексами. При обработке данных применены методы математической статистики (линейной регрессии и скользящей средней, корреляционный анализ и др.);

2) результаты анализа литературных источников, отражающих исследовании по изучению циклических изменений в развитии природных процессов.

Результаты исследования

Региональные особенности изменения среднегодовых температур воздуха на станциях Салехард и Омск характеризуют общие черты и тенденции вариации температуры за период с 1936 по 2006 г., сгруппированные в 3 периода (1936–1970; 1971–2006; 1936–2006 гг.), и представлены на рис. 1 и в табл. 1.

Анализ межгодовых изменений температурных условий (рис. 1) показал, что в пределах рассматриваемых природных зон Западно-Сибирской равнины наблюдается современное потепление климата. Раньше этот процесс развивался в умеренных широтах, в высоких широтах он имеет более сложный характер. В табл. 1 наряду с обозначенными выше периодами добавлены расчеты для отрезка времени с 2001 по 2012 г., что связано с появлением публикаций о смене с 2000-х гг. положительной тенденции в ходе температуры на отрицательную.

Анализ табл. 1, в которой представлены значения многолетних среднегодовых температур воздуха и коэффициенты вариации, рассчитанные по четырем рассматриваемым периодам, позволил выявить пространственно-временные различия в динамике термических показателей. Так, многолетний уровень среднегодовой температуры воздуха на ст. Салехард заметно вырос лишь в четвертый период (2001–2012 гг.), увеличившись по сравнению с первым на $0,8^{\circ}\text{C}$. Для природы Субарктики это имеет большое значение, и одним из результатов его стало интенсивное таяние многолетней мерзлоты. На ст. Омск изменения в уровнях многолетних среднегодовых температур воздуха и показателей их изменчивости от периода к периоду оказались более выраженными.

Так, от первого ко второму периоду средний уровень температуры вырос на $1,3^{\circ}\text{C}$, еще значительнее (на $1,8^{\circ}\text{C}$) вырос уровень среднегодовой температуры воздуха в 2001–2012 гг. по сравнению с 1936–1970 гг. (табл. 1). Обобщая вышесказанное, можно отметить, что наиболее теплым отрезком времени текущего столетия на всей территории Западно-Сибирской равнины был последний период.

Изменения средней годовой температуры воздуха отмечаются на метеостанциях, расположенных и в других природных зонах Западно-Сибирской равнины. Так, Л.В. Воронина и А.Г. Гриценко [4] для природных зон Новосибирской области за период с 1881 по 2009 г. установили следующие градиенты повышения среднегодовых температур воздуха: на $1,5^{\circ}\text{C}$ – в подтайге; $1,6^{\circ}\text{C}$ – в лесостепи; $1,9^{\circ}\text{C}$ – в степи.

С целью изучения циклических колебаний во временных рядах среднегодовых температур воздуха в данной работе проведено пятилетнее сглаживание их значений для двух периодов – с 1883 по 2012 г. (первый) и с 1936 по 2012 г. (второй), ход которых показан на рис. 2. Анализ кривой сглаженного хода среднегодовой температуры воздуха, построенный для метеостанции Салехард по данным первого периода (несмотря на имеющиеся разрывы в рядах наблюдений), позволил вы-

делить два вековых цикла, на фоне которых отмечаются циклы меньшего масштаба.

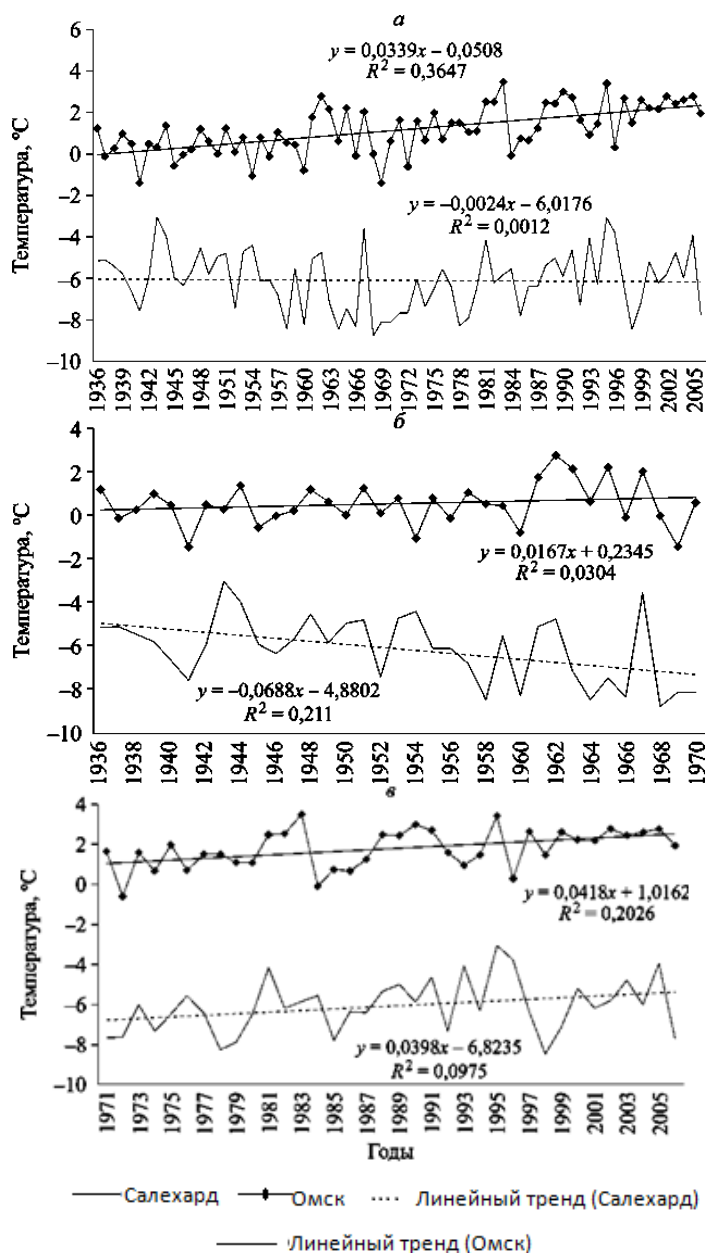


Рис. 1. Изменение среднегодовых температур приземного слоя воздуха на станциях Салехард (1) и Омск (2). Периоды: а – с 1936 по 2006 г., б – с 1936 по 1970 г., в – с 1971 по 2006 г.

Таблица 1

Основные параметры среднегодовой температуры воздуха

Параметры среднегодовой температуры воздуха	Период			
	I	II	III	IV
<i>ст. Салехард (лесотундра)</i>				
Многолетняя среднегодовая температура воздуха, °C	–6,1	–6,1	–6,1	–5,3
Минимальное значение среднегодовой температуры воздуха, °C	–8,8	–8,5	–8,75	–7,7
	1966	1998	1966	2006
Максимальное значение среднегодовой температуры воздуха, °C	+3,0	–3,1	–3,02	–3,3
	1946	1994	1946	2012
Коэффициенты вариации	0,49	0,44	0,47	0,82
<i>ст. Омск (лесостепь)</i>				
Многолетняя среднегодовая температура воздуха, °C	+0,5	+1,8	+1,2	+2,3
Минимальная температура воздуха, °C	1,4	–0,6	–1,4	+1,1
	1941	1972	1943	2010
Максимальная температура воздуха, °C	+2,8	+3,5	+3,5	+3,5
	1962	1983	1983	2008
Коэффициент вариации	1,8	0,5	0,99	0,30

Примечание. Периоды: I – 1936–1970 гг.; II – 1971–2006 гг.; III – 1936–2006 гг.; IV – 2001–2012 гг.

Основные климатические показатели выделенных термических циклов представлены в табл. 2.

Анализ таблицы показывает, что продолжительность первого векового цикла в зоне лесотундры около 86 лет (1885–1970 гг.). На ветви роста температур, длившегося примерно 60 лет, среднегодовые температуры выросли с –8,1°C до –4,9°C (рис. 2, А, табл. 2). Ветвь спада векового цикла оказалась в 2,5 раза короче (24 года) и во столько же раз имела большую интенсивность изменения температуры по сравнению с ветвью его роста. В конце векового цикла температуры опустились до уровня его начала (до –8,0°C).

Второй вековой цикл на кривой сглаженного хода среднегодовых температур ст. Салехард в настоящее время выражен только ветвью роста, начало которого приурочено к 1970 г., продолжается до настоящего времени и пока, возможно, не достиг своего максимального значения (рис. 2, А).

В лесостепной зоне, в отличие от лесотундры, на кривой сглаженного пятилетнего хода среднегодовых температур за 125-летний период циклы векового масштаба не просматриваются (рис. 2, А). Однако рубежное положение 1970 г. в динамике термического режима в данной зоне не утрачивается, так как именно с этого года на ст. Омск темпы роста среднегодовой температуры воздуха увеличились практически в два раза по сравнению с предшествующим временем.

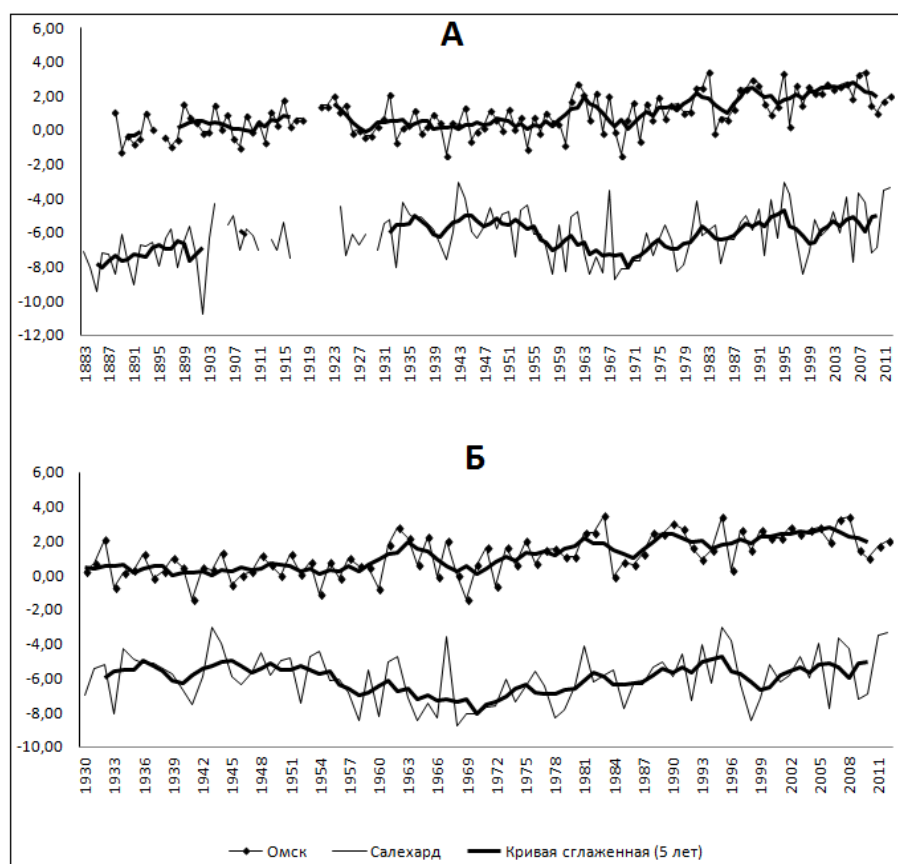


Рис. 2. Многолетний ход среднегодовой температуры воздуха, кривая сглаживания ряда с 5-летним временным режимом за периоды: с 1883 по 2012 г. (А) и с 1930 по 2012 г. (Б) на ст. Салехард и ст. Омск

Для установления границ внутривековых циклов меньшей продолжительности и их климатической характеристики рассмотрены особенности хода сглаженных кривых за второй период – с 1930 по 2012 г. (с 1936 г. на ст. Салехард и ст. Омск ряды данных среднегодовых температур воздуха становятся непрерывными).

На кривой сглаженного хода температур на ст. Салехард можно выделить четыре цикла, на ст. Омск – пять, последние циклы нижней границы еще не имеют (рис. 2, Б). Как видно из рисунка 2, Б и данных табл. 2, границы первых двух циклов на рассматриваемых станциях совпадают, у других они отличаются. На слабую связь термических режимов лесотундры и лесостепи указывает также небольшая величина коэффициента корреляции ($r=+0,338\pm 0,1$) между временными рядами среднегодовых температур воздуха ст. Салехард и ст. Омск. Продолжительность циклов на ст. Салехард изменяется от 13 до 29 лет, на ст. Омск – от 11 до 20 лет, они близки по длине 11-летнему и 22-летнему циклам солнечной активности. Анализ

термических особенностей установленных циклов показал, что на ст. Омск от цикла к циклу идет постоянный рост максимальных значений температуры (от $+0,7^{\circ}\text{C}$ первого цикла до $+3,2^{\circ}\text{C}$ последнего), равно как и среднего уровня среднегодовой температуры циклов (от $+0,3^{\circ}\text{C}$ в первом цикле до $+2,2^{\circ}\text{C}$ в последнем). На ст. Салехард по термическим особенностям рассматриваемые циклы можно разделить на холодные (2-й и 3-й циклы), при этом самым холодным оказался 2-й цикл (с 1958 по 1970 г.), средний уровень температур которого составил $-7,0^{\circ}\text{C}$, и теплые (1-й и 4-й циклы), мало отличающиеся по температурным условиям между собой (табл. 2). Первый и второй выводы согласуются с рисунками кривых сглаженного хода пятилетнего периода осреднения соответствующих станций (рис. 2, Б).

Таблица 2

**Основные климатические характеристики термических циклов
по ст. Салехард и ст. Омск**

Номер цикла	Годы		Продолжи- тельность, гг.	Температура, °С			
	начало	конец		T _н , °С	T _к , °С	T _{макс.} , °С, г.	T _{ср.} , °С
ст. Салехард							
I вековой цикл	1885	1970	86	-8,1	-8,0	-4,9; 1945	-6,3
1-й цикл	1940	1958	18	-7,2	-7,0	-4,9; 1945	-5,6
2-й цикл	1958	1970	13	-7,0	-8,0	-6,2; 1961	-7,0
II вековой цикл – ветвь роста	1971			-8,0	-5,0	-4,7; 1995	
3-й цикл	1971	1999	29	-8,0	-6,7	-4,7; 1995	-6,2
4-й цикл	1999			-6,7	-6,0	-5,0; 2006	-5,6
ст. Омск							
1-й цикл	1939	1958	20	0,04	0,2	0,7; 1949	0,3
2-й цикл	1958	1970	12	0,2	0,05	1,9; 1963	0,9
3-й цикл	1971	1986	16	0,05	1,0	2,1; 1982	1,4
4-й цикл	1986	1995	11	1,0	1,5	2,4; 1991	2,3
5-й цикл	1995			1,5	1,9	3,2; 2007	2,2

Примечание: T_n – значение среднегодовой температуры воздуха начала цикла; T_k – значение среднегодовой температуры воздуха конца цикла; $T_{\text{макс}}$ – значение максимальной среднегодовой температуры воздуха цикла; $T_{\text{ср}}$ – среднее значение среднегодовой температуры воздуха цикла

В данной работе также сделана оценка степени аномальности гидро-термических условий, по величине которой для каждого года определялся тип термического режима и режима увлажнения. За нормальный случай принимался такой, у которого отклонение от средней величины было меньше или равно среднему квадратическому отклонению ряда, в ином случае он рассматривался как аномальный (отклонение больше средне-квадратического, но меньше его двойной величины) или экстремальный (отклонение больше двойной величины среднеквадратического отклоне-

ния. В табл. 3 показана повторяемость разных типов лет по термическому режиму в границах выделенных циклов.

Таблица 3

**Повторяемость разных типов лет по термическим условиям
в циклах термического режима, %**

Циклы (годы)	Тип термического режима				
	О/Х	Х	Н	Т	О/Т
<i>Салехард (лесотундра)</i>					
1-й цикл (1940–1958)	0	16,7	61,3	16,4	5,6
2-й цикл (1959–1970)	0	46	46,4	7,6	0
3-й цикл (1971–1999)	0	24,2	61,1	10,3	3,4
4-й цикл (2000–2012)	0	0	64,3	35,7	0
<i>Омск (лесостепь)</i>					
1-й цикл (1939–1958)	5	25	65	5	0
2-й цикл (1959–1970)	8,3	25,2	58,2	8,3	0
3-й цикл (1971–1986)	0	12,5	68,7	18,8	0
4-й цикл (1987–1995)	0	0	51,5	48,9	0
5-й цикл (1995–2012)	0	0	53	47	0

Из табл. 3 видно, что чаще всего холодные и очень холодные по термическому режиму годы повторялись на всей территории ЗСР в период с 1958 по 1970 г. (2-й цикл), их суммарная частота за эти циклы на ст. Салехард составила 46%, на ст. Омск – 33,5%. Наиболее низкие значения среднегодовой температуры воздуха на ст. Салехард были в 1966, 1988 и 2006 гг., а наиболее высокие – в 1946, 1994, 2012 гг.; на ст. Омск, соответственно, в 1941, 1943 и 1962, 1983, 2008 гг.

Анализ данных Д.С. Козловой и Н.Ф. Харламовой [7] показывает, что холодные годы на территории Алтайского края (лесостепь, степь) в течение 1981–2010 гг. повторялись с периодичностью в 3–6; 6–8, 11 лет и 34 года.

Современные изменения климата оказывают большое влияние на состояние вечной мерзлоты, которая характерна для арктических и субарктических широт ЗСР. Д.С. Дроздов и др. [6] отмечают, что в последние десятилетия происходит потепление климата, что выражается в повышении среднегодовых температур горных пород. В настоящее время, согласно вышеуказанным авторам, 30–40-летний положительный тренд сменяется тенденцией к затуханию потепления. В целом рост температур вблизи побережья Карского моря выражен слабо, и в континентальных районах высоких широт ежегодный градиент их составляет 0,05°C и более. Температуры многолетнемерзлых пород, как известно, следуют за температурами воздуха, но изменяются в 1,5–5 раз медленнее и зависят от многих

условий: количества выпавших осадков, мощности снежного покрова, характера растительности, состава пород и др.

Общее повышение температуры многолетней мерзлоты за 30–40-летний период можно разделить на две фазы: 1 – интенсивное потепление до 1995–2000 гг.; 2 – снижение потепления или даже некоторое похолодание (например, в районе Марре-Сале). Д.С. Дроздов и др. [6] считают, что наличие этих двух фаз на фоне 60–65-летней цикличности можно интерпретировать как приближение к экстремуму на температурной синусоиде. Наблюдается и такой факт: опускание кровли многолетнемерзлых пород до глубины 5–7 м и формирование участков несливающейся мерзлоты в южной и, реже, северной лесотундре. Его индикатором служит продвижение на 30–40 км на север предтундровых лиственничных редколесий.

Кроме термического режима на развитие географических процессов большое влияние оказывает и режим увлажнения. С целью выявления динамики увлажнения лесотундры и лесостепи нами рассмотрены изменения среднегодовых сумм осадков за период с 1936 по 2012 г. по ст. Салехард и Омск. Средняя многолетняя сумма осадков за указанный отрезок времени на северной станции составила 436,8 мм ($\sigma \pm 86,3$ мм), при наименьшем значении – 239,9 мм (1936 г.) и наибольшем – 694 мм (1957 г.), на южной – 370,0 ($\sigma \pm 70,8$ мм), 192 (1952 г.) и 585,6 мм (1993 г.) соответственно.

Циклические колебания в рядах среднегодовых сумм осадков за указанный период изучались на основе анализа кривых сглаженного хода с 5-летним временным режимом осреднения (рис. 3).

Анализ кривых сглаженного хода среднегодовых сумм осадков позволил выделить на ст. Салехард 6 циклов, на ст. Омск-8 (последние циклы без верхних границ) (рис. 3, табл. 4).

Из табл. 4 следует, что на северной станции длина циклов режимов увлажнения изменялась от 10 до 17 лет, на южной – от 7 до 14 лет, т.е., как и термические циклы, они оказались близки по продолжительности циклам солнечной активности. Сопоставление средних значений среднегодовых сумм осадков, рассчитанных для каждого цикла, со средним значением всего исследуемого периода показало, что в лесостепи значительно раньше (с 1975 г.), чем в лесотундре (с 1989 г.), первый параметр стал больше второго. Необходимо также отметить, что в лесостепной зоне увеличение средних сумм осадков от цикла к циклу шло поступательно (от 322,0 мм первого цикла до 426,6 мм последнего), тогда как в северной зоне в течение 2, 3, 4-го циклов суммы осадков практически не менялись и были близки к средней многолетней величине всего 77-летнего периода, и лишь в 5-м и 6-м циклах они стали больше на 15–16 мм.

По количеству выпавших за год осадков, как и по термическому режиму по степени аномальности, были выделены следующие типы лет по режиму увлажнения: нормальные, избыточные, недостаточно увлажненные, очень избыточно увлажненные и очень недостаточно увлажненные (табл. 5).

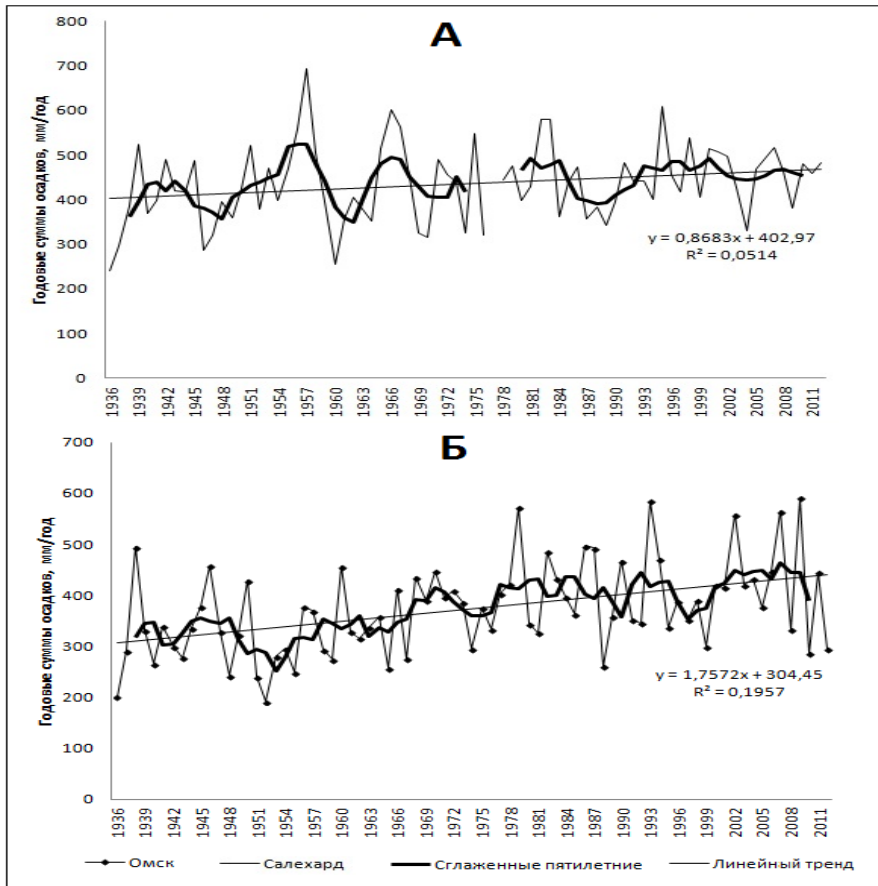


Рис. 3. Многолетний ход среднегодовых сумм осадков, кривая сглаживания ряда с 5-летним временным режимом за период с 1936 по 2012 г.:
А – на ст. Салехард, Б – ст. Омск

Как следует из табл. 5, на ст. Салехард внутри первого цикла преобладали годы с нормальным и недостаточным увлажнением. Циклы 2 и 4 характеризуются наибольшим разнообразием типов лет по режиму увлажнения, в 5-м представлены года двух типов (нормальные и избыточно-увлажненные), а в 6-м – одного (нормальные). На ст. Омск отмечаются следующие особенности в режиме увлажнения выделенных циклов: в первые три цикла в разных пропорциях повторялись годы либо нормальные по увлажнению, либо недостаточно увлажненные, с 5-го по 7-й – нормальные либо избыточно увлажненные, в 6-м – только года с нормальным типом увлажнения.

Таким образом, общей чертой для режима увлажнения лесотундры и лесостепи является увеличение, начиная с 1970-х гг., повторяемости случаев с аномально большим среднегодовым количеством осадков. Следует

отметить, что циклические колебания во временных рядах среднегодовых сумм осадков (как и среднегодовых температур) происходят на общем фоне увеличения их значений, причем коэффициент линейного тренда на ст. Омск почти в 2 раза больше, чем на ст. Салехард (17,8 мм/10 лет и 8,7 мм/10 лет соответственно).

Т а б л и ц а 4

**Основные климатические характеристики циклов увлажнения
на ст. Салехард и ст. Омск**

Номер цикла	Годы		Продол- жи- тельность, лет	Средняя годовая сумма осадков, мм			
	Начало цикла	Конец цикла		X _н , мм	X _к , мм	X _{макс.} , мм	X _{ср.} , мм
ст. Салехард							
1	1938	1948	11	363,0	357,0	442,7	400,9
2	1949	1962	14	357,8	349,3	525,4	435,8
3	1963	1972	10	349,3	405,3	491,0	433,4
4	1973	1989	17	405,3	329,9	493,5	438,4
5	1990	2004	15	392,9	443,6	492,3	455,5
6	2005			443,6		467,5	456,2
ст. Омск							
1	1938	1942	8	317,0	303,8	346,4	322,0
2	1943	1953	11	303,8	251,8	356,4	319,4
3	1954	1963	10	251,8	319,4	359,4	327,8
4	1964	1975	12	319,4	359,2	415,6	370,6
5	1976	1983	8	359,2	401,2	432,4	409,7
6	1984	1990	7	401,2	356,9	437,2	404,2
7	1991	1997	7	356,9	353,7	444,8	411,1
8	1998			353,7		462,9	426,6

Примечание. X_н – годовая сумма осадков на год начала цикла; X_к – годовая сумма осадков на год конца цикла; X_{макс} – максимальная величина годовой суммы осадков цикла; X_{ср} – средняя величина годовой суммы осадков цикла.

Установленные особенности динамики гидротермических показателей и их циклические колебания отражают региональное своеобразие современного изменения климата Западно-Сибирской равнины. Пространственно-временную неоднородность и цикличность проявления климата, на наш взгляд, достаточно убедительно объяснили Е.А. Леонов и др. [9], которые считают, что «особое место в детерминации цикличности и направленности развития гидроклиматических процессов однородных районов занимает селективность как форма избирательного взаимодействия внешних и внутренних факторов, при которой гидроклиматическая система находится в устойчивом состоянии. При этом проявляется не только гомеостазис (сохранение состояния), но и в большей мере гомеорезис (устойчивый про-

цесс смены состояний)» [9. С. 325]. Гомеорезис проявляется в чередовании периодов одинаковой длительности ($T=15$ лет) в годовом стоке, уровне озер, засушливости и др.

Т а б л и ц а 5

Повторяемость разных типов лет по режиму увлажнения, %

Циклы (годы)	Типы увлажнения				
	Очень избыточное	Избыточное	Нормальное	Недостаточное	Очень недостаточное
Салехард (лесотундра)					
1-й (1938–1948)	0	0	63,6	27,2	9,2
2-й (1949–1962)	14,3	14,3	50	7,1	14,3
3-й (1963–1972)	0	30	70	0	0
4-й (1973–1989)	0	18,8	56,3	18,8	6,1
5-й (1990–2004)	0	20	80	0	0
6-й (2005–2010)	0	0	100	0	0
Омск (лесостепь)					
1-й (1935–1942)	0	0	25	75	0
2-й (1943–1953)	0	0	54,5	45,5	0
3-й (1954–1963)	0	0	50	50	0
4-й (1964–1975)	0	0	100	0	0
5-й (1976–1983)	0	25	75	0	0
6-й (1984–1990)	0	28,6	71,4	0	0
7-й (1991–1997)	0	42,8	57,2	0	0
8-й (1998–2010)	0	61,5		38,5	0

Е.В. Максимов [11], изучая озера Средней Азии, пришел к выводу, что пульсация Земли «ответственна» за ход увлажнения, а пульсация Солнца – за ход теплообеспеченности.

Выявление циклических изменений климата в пределах природных зон и их влияния на функционирование геосистем, хозяйственную и социальную сферы жизни населения является актуальнейшей проблемой. Решение ее будет способствовать разработке практически значимых долгосрочных климатических прогнозов, так необходимых для составления программ развития территорий с учетом настоящих и будущих преобразований природы. К сожалению, большинство метеостанций ЗСР имеют недостаточный срок наблюдений для выявления продолжительных циклов (вековых и большей длительности), что затрудняет организацию подобных работ.

Проанализировав полученные материалы, данные палеогеографических исследований четвертичного периода, авторы в целом поддерживают мнение В.М. Котлякова [8] о том, что современные изменения климата не являются чем-то новым в истории Земли. В.М. Котляков отмечает, что три

предыдущих межледниковья, предшествовавшие голоцену, были более теплыми по сравнению с ним, т.е. глобальная температура в современную эпоху все еще на 1,5–2°C ниже, чем была в то время. Таким образом, несмотря на возможность антропогенного воздействия, современные колебания температуры на Земле не выходят за рамки естественных изменений, характерных для всей последней геологической эпохи.

Литература

1. Баренбаум А.А. Галактоцентрическая парадигма в геологии астрономии. Изд-е 3-е. М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 544 с.
2. Бялко А.В. Парижское соглашение по климату: реальны ли цели? // Природа. 2016. № 3. С. 3–10.
3. Величко А.А. Введение // Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления: ретроспективный анализ и сценарии. М. : ГЕОС, 2010. Вып. III. С. 9–10.
4. Воронина Л.В., Гриценко Г.А. Климат и экология Новосибирской области. Новосибирск : СГГА, 2011. 228 с.
5. Дергачев В.А., Чистяков В.Ф. 210 и 2400-летние солнечные циклы и колебания климата. Солнечный цикл. СПб. : ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, 1993. С. 112–130.
6. Дроздов Д.С., Васильев А.А., Малкова Г.В. и др. Изменение температуры многолетнемерзлых пород западного сектора Российской Арктики в связи с изменением климата // Полярная криосфера и воды суши. 2011. С. 264–286.
7. Козлова Д.С., Харламова Н.Ф. Характеристика температурного режима начала XXI в. в Алтайском крае // География и природопользование в Сибири. Вып. 17. Барнаул : Изд-во Алт. гос. ун-та, 2014. С. 61–63.
8. Котляков В.М. О причинах и следствиях современных изменений климата // Солнечно-земная физика. 2012. Вып. 21. С. 110–114.
9. Леонов Е.А., Яковлев Б.А., Леонов В.Е. О предсказуемости гидроклиматических процессов с позиции вероятностного подхода и космофизических представлений // Новые идеи в естествознании. Часть II. Геология, геофизика, астрономия. СПб. : ВСЕГЕИ, 1996. С. 318–329.
10. Логинов В.Ф. Радиационные факторы и доказательная база изменений климата // Солнечно-земная физика. Вып. 21. 2012. С. 3–9.
11. Максимов Е.В. Историческая география горных озер Средней Азии. СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 1992. 301 с.
12. Монин А.С., Сонечкин Д.М. Колебания климата по данным наблюдений. Тройной солнечный и другие циклы. М. : Наука, 2005. 191 с.
13. Шнитников А.В. Изменчивость общей увлажненности материков северного полушария // Записки Географического общества СССР. 1957. Т. 16. 340 с.
14. Gray L., Beer J., Geller M., Haigh J.D., et al. Solar influence on climate. Rev. Geophys. 2010. 48. RG4001, doi:10.1029/2009RG000282.
15. Filandysheva L.B., Evseeva N.S., Zhilina T.N. Zonal features of climate regime of the West Siberian Plain and its influence on geosystems // Geography and Natural Resources. 2015. Vol. 36, № 4. P. 341–349.

Авторы:

Евсеева Нина Степановна, доктор географических наук, профессор, заведующая кафедрой географии геолого-географического факультета Томского государственного университета, Томск, Россия.

E-mail: geography@ggf.tsu.ru

Филандышева Лариса Борисовна, кандидат географических наук, доцент, заведующая кафедрой краеведения и туризма геолого-географического факультета Томского государственного университета, Томск, Россия.
E-mail: filandysh@vtomske.ru

Geosphere Research, 2016, 1, 124–139. DOI: 10.17223/25421379/1/9

N.S. Evseeva, L.B. Filandysheva

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

DYNAMIC CLIMATE CHANGES AND SELECTIVITY OF NATURAL PROCESSES IN THE WEST SIBERIAN PLAIN

The basis for the research was data from RIHMI – MDC database on average daily and average annual temperatures of surface air and precipitation in Omsk and Salekhard stations recorded for the period from 1936 to 2012. The data have been grouped into 4 periods: 1) 1936–2006, 2) 1936–1970, 3) 1971–2006, 4) 2001–2012. The study has revealed the spatial-temporal differences in the dynamics of thermal indices. For example, perennial rate of the average annual temperature on the Salekhard station increased significantly in the fourth period compared with the first period when the average annual temperature grew for 0,84 °C. This change means a lot for Subarctic's nature and one of results of these changes is melting permafrost. The change in long-term average air temperatures and indices of their variability from period to period were more pronounced in Omsk station. From the first period to the second one, the average temperature level increased 3 times and the coefficient of variation reduced by about the same times. During the period from 2001 to 2012, the average temperature level increased more compared with 1936–1970.

In this work, we have obtained median of five-year average annual air temperatures and amount of precipitation for two periods: 1883–2012 and 1936–2012 in order to study cyclical fluctuations in values over time. Analysis of median progress curve of average air temperatures has appeared to distinguish two centennial cycles at the Salekhard Weather Stations. The centennial cycles have not been detected in the steppe zone. We have also detected ranges/limits for shorter cycles closer to the length of a solar cycle: four of them are at the Salekhard station lasted 13–29 years, and 5 cycles are at the Omsk station lasted 11–20 years. 6 cycles at the Salekhard station and 8 cycles at the Omsk station are distinguished on the median progress curve of average annual temperatures and precipitation. Last ones along with thermal ones do not have upper limit. The climatic characteristics were drawn up for each cycle, assessment of the abnormality degree of the hydrothermal regime was given, and the comparative analysis was conducted. It should be noted that cyclical fluctuations in temporal sequences/series of average annual precipitation and air temperatures occur along with increase of their values. After analyzing the materials and data from paleo geographic research for a quater, authors endorse views of V.M. Kotlyakov that modern climatic changes are not a new phenomenon in Earth evolution.

Keywords: *climate, changes, tendencies, cycles, temperature, landscapes, selectivity*

References

1. Barenbaum A.A. *Galaktotsentricheskaya paradigma v geologii astronomii* [Galactocentric paradigm in astronomy, geology]. Ed. 3. Moscow: Knizhnyy dom LIBROKOM, 2013. 544 p. In Russian
2. Byalko A.V. *Parizhskoe soglasenie po klimatu: real'ny li tseli?* [Paris climate agreement: whether the real target] // *Priroda*. 2016. № 3. pp. 3–10. In Russian

3. Velichko A.A. *Vvedenie* [Introduction] // *Klimaty i landshafty Severnoy Evrazii v usloviyakh global'nogo potepleniya : retrospektivnyy analiz i stsenarii*. Moscow: GEOS, 2010. V. III, pp. 9–10. In Russian
4. Voronina L.V., Gritsenko G.A. *Klimat i ekologiya Novosibirskoy oblasti* [Climate and ecology of Novosibirsk region]. Novosibirsk: SGGA, 2011. 228 p. In Russian
5. Dergachev V.A., Chistyakov V.F. *210 i 2400 – letnie solnechnye tsikly i kolebaniya klimata. Solnechnyy tsikl* [210 and 2400 - year solar cycle and climate variations. Solar cycle]. St-Petersburg, 1993. pp. 112–130. In Russian
6. Drozdov D.S., Vasil'ev A.A., Malkova G.V., et all. *Izmenenie temperatury mnogoletnemerzlykh porod zapadnogo sektora Rossiyskoy Arktiki v svyazi s izmeneiem klimata* [Changing the temperature of the permafrost in the western sector of the Russian Arctic related to changing of the climate] // *Polyarnaya kriosfera i vody sushi*. 2011. pp. 264–286. In Russian
7. Kozlova D.S., Kharlamova N.F. *Kharakteristika temperaturnogo rezhima nachala XXI v. v Altayskom krae* [Characteristics of temperature regime the beginning of the XXI century in the Altai region] // *Geografiya i prirodopol'zovanie v Sibiri*. Barnaul: Altay University Publ., 2014. V. 17. pp. 61–63. In Russian
8. Kotlyakov V.M. *O prichinakh i sledstviyakh sovremennykh izmeneniy klimata* [On the causes and effects of contemporary climate changes] // *Solnechno-zemnaya fizika*. 2012. V. 21. pp. 110–114. In Russian
9. Leonov E.A., Yakovlev B.A., Leonov V.E. *O predskazuemosti gidroklimaticheskikh protsessov s pozitsii veroyatnostnogo podkhoda i kosmofizicheskikh predstavleniy* [On the predictability of hydroclimatic processes from the perspective of the probabilistic approach, and of cosmophysical ideas] // *Novye idei v estestvoznanii. Chast' II. Geologiya, geofizika, astronomiya*. St-Petersburg, 1996. pp. 318–329. In Russian
10. Loginov V.F. *Radiatsionnye faktory i dokazatel'naya baza izmeneniy klimata* [Radiation factors and evidence of climate change] // *Solnechno-zemnaya fizika*. 2012. V. 21. pp. 3–9. In Russian
11. Maksimov E.V. *Istoricheskaya geografiya gornyykh ozer Sredney Azii* [Historical Geography of Mountain Lakes in Cen]. St-Petersburg, 1992. 303 p. In Russian
12. Monin A.S., Sonechkin D.M. *Kolebaniya klimata po dannym nablyudeniy. Troynoy solnechnyy i drugie tsikly* [Fluctuations climate according to the observations. Triple solar and other cycles]. Moscow: Nauka, 2005. 191 p. In Russian
13. Shnitnikov A.V. *Izmenchivost' obshchey uvlazhnennosti materikov severnogo polushariya* [The variability of the total humidity of the continents northern hemisphere] // *Zapiski Geograficheskogo obshchestva SSSR*. 1957. T. 16. 340 p. In Russian
14. Gray L., Beer J., Geller M., Haigh J.D., et all. Solar influences on climate. *Rev. Geophys.* 2010. 48. RG4001. doi:10.1029/2009RG000282.
15. Filandysheva L.B., Evseeva N.S., Zhilina T.N. Zonal features of climate regime of the West Siberian Plain and its influence on geosystems // *Geography and Natural Resources*. 2015. V. 36. № 4. pp. 341–349.

Authors:

Evseeva Nina S., Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Head of the Department of Geography, Faculty of Geology and Geography Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: geography@ggf.tsu.ru

Filandysheva Larisa B., Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Head of the Department of Local History and Tourism, Faculty of Geology and Geography Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: filandysh@vtomske.ru