

О.А. Поморцев

СВФУ им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия

e-mail: olegpomortsev@mail.ru.

ЯКУТИЯ – МОДЕЛЬ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА ЗЕМЛИ (на примере циркуляции атмосферы)

Аннотация. Исследования последних десятилетий показали, что Якутия – не просто высоко репрезентативная область для исследования глобальных закономерностей климата, она – модель Земли в силу обширного влияния Сибирского антициклона. Охватывая сетку координат от Северного Ледовитого и Тихого океанов почти до Атлантики и Тибета, Якутия диктует закономерности изменений климата всему Северному полушарию. Это хорошо видно на примере современного изменения климата. Темпы потепления здесь опережают темпы потепления Земли на 3-5 среднегодовых градусов, тем самым показывая не только современную тенденцию потепления, но и предсказывая её для всей Земли при дальнейшем росте температур в будущем. Наша статья демонстрирует ход изменения климата трёх последних столетий. Она опирается на глобальные закономерности циркуляции атмосферы на волне векового ритма. Суть их заключается в том, что середина столетий всегда несёт похолодания, связанные с широтной циркуляцией атмосферы, а рубежи столетий – потепления, при которых широтная циркуляция сменяется меридианной. Так было в три последних столетия, подтверждённых инструментальными наблюдениями, и так – во времена Колумба и викингов. Те и другие пришли в Америку на рубеже веков 500 и 1000 лет назад, когда Северный Ледовитый океан и Северная Атлантика были свободны ото льда.

Ключевые слов: климат, глобальное потепление, ритм, цикл, осцилляция, тренд, Сибирский антициклон, число Вольфа.

О.А. Pomortsev

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

e-mail: olegpomortsev@mail.ru

YAKUTIA AS A MODEL OF GLOBAL WARMING OF THE EARTH'S CLIMATE: THE CASE OF ATMOSPHERIC CIRCULATION

Abstract. Investigations over the last decades have shown that Yakutia is not only a highly representative area for the study of global climate patterns, it is a model of the Earth due to the extensive influence of the Siberian anticyclone. Covering a grid of coordinates from the Arctic and Pacific Oceans almost to the Atlantic and Tibet, Yakutia dictates the patterns of climate change for the entire Northern Hemisphere. That can be clearly seen on example of modern climate change. The rate of warming here outpaces the rate of the Earth warming in 3-5 average annual degrees, thus showing not only the current warming trend, but also predicting it for the entire Earth with further temperature rise in future. Our paper shows the course of climate change over the last three centuries. It relies on the global patterns of atmospheric circulation on the wave of the hundred-year rhythm. Their essence is that the middle of centuries always brings cooling associated with latitudinal circulation of the atmosphere, and the turn of the century – the warming, in which latitudinal circulation is replaced by meridian circulation. It was happening in the last three centuries, confirmed by instrumental observations, and so it was in the time of Columbus and Vikings. Both came to America at the turn of the century 500 and 1000 years ago, when the Arctic Ocean and the North Atlantic were ice-free.

Keywords: climate, global warming, rhythm, cycle, oscillation, trend, Siberian anticyclone, Wolf number.

Введение

Исследование проблемы изменчивости климата чрезвычайно актуально, поскольку открывает перспективу выхода на климатический прогноз имеющий самое прямое отношение к реализации планов экономического развития регионов и безопасности жизни-деятельности населения. Учитывая влияние на климат тороидальных магнитных полей, генерируемых солнечными пятнами [1] исследование закономерностей климатических изменений, предполагает поиск параллелей в динамике солнечной активности и климатических процессов. По данным инструментальных наблюдений наиболее активные преобразования климата протекают в Якутии в зоне локализации Сибирского антициклона, поддерживавшего многие годы своим холодом ледяное ядро мерзлоты. Здесь же в Якутии установлен прямой отклик климата на фактор солнечной активности, что позволяет рассматривать Якутию как планетарную модель глобального потепления.

Постановка проблемы

На сегодня все еще не достигнуто осознание опасности современного потепления, создающего угрозу большей части Северного полушария, расположенного на подушке вечной мерзлоты. В Северной Азии, в случае дальнейшей эскалации потепления, под наиболее вероятный удар целиком попадает Республика Саха (Якутия), которая находится в эпицентре глобального потепления в ядре Сибирского антициклона. В настоящее время не существует не только ни одного надежно обоснованного прогноза о поведении многосотметровой толщи мерзлоты при развивающемся потеплении, но и надежного обоснования самого тренда потепления. Мнения даже ведущих специалистов расходятся вплоть до противоположных точек зрения. Одни предсказывают на ближайшие десятилетия глобальное потепление со «всемирным потопом» [2-6], другие – таких же масштабов похолодание с наступлением новой Малой ледниковой эпохи (МЛЭ) [7, 8].

Цель исследования – поиск параллелей в динамике солнечной активности и климатических процессов на примере Якутии с целью обоснования причины и тенденций климатических изменений.

Поиск закономерностей в отклике климатических процессов на модуляции солнечной активности осуществлялся в масштабах вековых, внутривековых и сверхвековых колебаний с учетом влияния циклов на режим воздушных течений тропосферы (в масштабах Северного полушария) и температуры приземного воздуха (в масштабах модельного ряда среднегодовой температуры метеостанции Якутск).

Материалы и методы исследования

В основу работы положены данные прямых телескопических наблюдений за солнечными пятнами за последние 268 лет (в числах Вольфа) и ряд инструментальных метеорологических наблюдений за среднегодовой температурой приземного воздуха (последние 187 лет с небольшими перерывами в XIX в.) на репрезентативной метеорологической станции Якутск (Центральная Якутия), а также кривые циркуляции атмосферы в Северном полушарии за прошедшее столетие [9]. Статистические исследования исходной информации и графические построения выполнялись в программе Эксель.

В качестве теоретической основы исследования были приняты разработки известных специалистов в области солнечно-земных связей и климатологии, таких как: А.И. Воейков, А.Л. Чижевский, Э.Я. Лир, А.В. Дьяков, М.С. Эйгенсон, Е.В. Максимов, Ю.И. Витинский, Б.А. Слепцова-Шевлевича и др. доказавшие качественное подобие геологических, исторических и современного климатических изменений и назвавших их первопричину. Как пишет М.С. Эйгенсон: ... «Если обратимся к первопричине изменений климата, то на сегодня отсутствуют какие-либо принципиально качественные различия между кратковременными современными, и долговременными, как в плейстоцене, глобальными изменениями климата. Это значит, что причина их однородна и на сегодня хорошо известна: усиление солнечной актив-

ности». ... «На современном этапе развития потепления не наблюдается никаких резких изменений солнечной постоянной, количества вулканической пыли, углекислого газа, движения полюсов и материков, эпейрогенеза, морских течений и других процессов, способных качественно и количественно служить непосредственной причиной современных климатических изменений» [10].

Результаты и обсуждение

На рис. 1-3 показаны кривые многолетних ходов чисел Вольфа и среднегодовой температуры приземного воздуха в г. Якутске и их линейные тренды. Кривая солнечной активности (СА) показывает явную тенденцию к росту на протяжении всего периода инструментальных наблюдений. В ее морфологии (см. рис. 1.) наряду с 11-летними циклами отчетливо выделяются три крупные волны с периодом в 90-100 лет – это вековые ритмы СА. Согласно Витинскому число короткоживущих групп пятен максимально в эпоху минимумов векового цикла, тогда как самые долгоживущие и крупные группы чаще всего появляются в эпоху максимумов [11].



Рис. 1. Кривая солнечной активности в числах Вольфа (данные инструментальных телескопических наблюдений – 1749 – 2017 гг. и рассчитанные – 1700-1748 гг.)

Fig. 1 The curve of solar activity in Wolf numbers (data from instrumental telescopic observations – 1749-2017 and calculated – 1700-1748)

Кривая ряда среднегодовой температуры в Якутске (см. рис. 2.) как и кривая чисел Вольфа показывает тенденцию к росту значений ее показателей от начала метеонаблюдений в 1829-м г. к современности. Особенно активно среднегодовые температуры в Якутске, судя по графику, приростали в первой половине XIX в. и начиная с конца 1970-х гг.

За последние 40 лет прирост температуры составил 2,5°C, причем половина этого прироста – 1,2°C, пришлась на первое десятилетие XXI в. Амплитуда ряда Якутск за период наблюдений составила 6°C: от -12,6°C в 1837 г. (абс. минимум ряда) до -6,6 в 2017 г. (абс. максимум).

Таким образом, менее чем за две сотни лет – от завершения в XIX в. похолодания Малой ледниковой эпохи (МЛЭ) и до современности среднегодовая температура в Якутске выросла чуть ли не вдвое. При этом прирост температуры в Якутске значительно, опять таки практически чуть ли не вдвое, превзошел показатели потепления в других регионах планеты и оказался сопоставимым по амплитуде проявившейся аномалии с потеплениями плейстоцена диктовавшими смену ледниковых и межледниковых эпох.

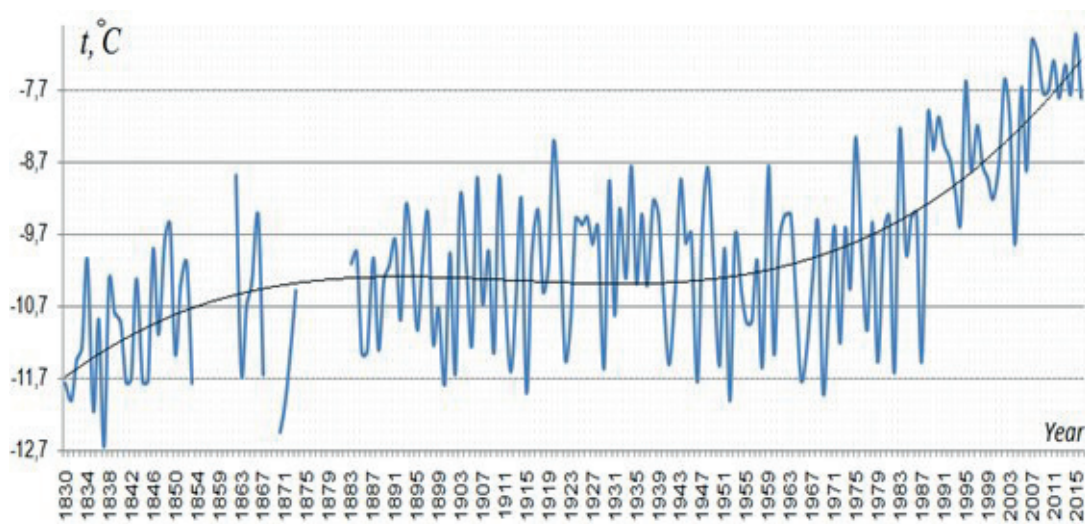


Рис. 2. График среднегодовых температур г.Якутска с 1830 по 2016 гг.

Fig. 2 The graph of the average annual temperatures of Yakutsk from 1830 to 2016

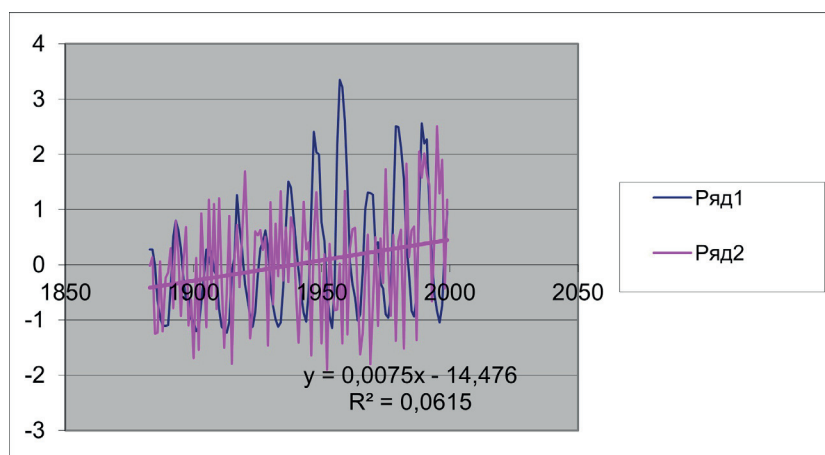


Рис. 3. Тренды значений среднегодовых показателей температуры по ГМС Якутск за период непрерывных наблюдений, с 1883 г. и чисел Вольфа

Fig. 3 Trends in the values of the average annual temperature indicators for the Yakutsk OGMS over the period of continuous observations since 1883 and the Wolf numbers

Из диаграммы (см. рис. 3.) видно, что линейные тренды температуры и чисел Вольфа на протяжении XX столетия были достаточно близки и имели общую тенденцию к росту.

Вместе с тем, наряду с устойчивой тенденцией к росту кривая среднегодовой температуры в Якутске демонстрирует вполне определенный возвратно-поступательный ход (см. рис. 2.). Выделяются две фазы активного прироста температуры: 1830-е – начало 1860-х гг. и, с 1980-х по 2007 гг.; и, еще одна, но менее активная – известная как «Потепление Арктики» 1920-х – 1940-х гг. Их разделяют две фазы возврата холодов – вторая половина XIX в. (1867-1888 гг.); и, середина XX-го столетия (1950-е – 1960-е гг.). При этом, масштабы аномалий последнего похолодания даже превосходили их аналоги второй половины XIX столетия. Если сопоставить ходы кривых чисел Вольфа и температуры в графическом формате (см. рис. 1 и 2) можно видеть, что период активного потепления 1830-х – начала 1860 гг. пришелся на ветвь подъема векового цикла CA XIX в., а потепление 1980-2007 гг., – напротив, – на ветвь спада векового

цикла XX столетия. Потепление Арктики, в свою очередь, пришлось на ветвь подъема того же векового цикла XX века. Первая фаза возврата холодов пришлась на максимум и начало ветви спада векового цикла XIX в. (1867 – 1888 гг.), вторая – 1950-х – 1960-х гг. так же на максимум векового цикла XX в. (1957 г.). В целом, отмеченные нами аномалии температуры, как и в моделях 11-летних циклов [12] развивались на ветвях подъема и спада вековых циклов, тяготея к их экстремумам – максимумам и минимумам.

Кроме того, фазы активного прироста температуры в XIX и XX вв. развивались в периоды близкие по значениям чисел Вольфа: первая (1830-1849 гг.) при 103, 5 W (средненное значение показателя); вторая (с 1980 по 2007 гг.) – 101,1 W. Для потепления Арктики (1924-1939 гг.) значения W, как и прирост температуры оказались меньшими: 88,3 W. Фаза похолодания 1867-1888 гг. развивалась на максимуме векового цикла (1870 г.) и последующего понижения активности СА по ходу ветви спада векового цикла. Холодная фаза 1950-1971 гг., проявилась так же на максимуме векового цикла при активности Солнца до 126, 8 W (на 20 % выше нормы показанных выше двух периодов активного потепления).

Полученные результаты позволяют сформулировать следующие предварительные выводы: 1) Фазы активного роста температуры в Якутске были приурочены к определенному режиму СА координаты которого задаются значениями W – 103,5 – 101,2 W, а в среднем – $103,5 + 101,2 / 2 = 102,3$ W; 2) Уклонение от этих показателей («коридора») в сторону усиления или ослабления режима СА приводило к понижению темпа потепления и возвратам похолоданий; 3) Фаза потепления Арктики 1930-х проявилась при показателях СА 88,3 W, и оказалась по приросту температуры оказалась на 15 % ниже двух предыдущих фаз потепления. Мы знаем, что эта волна потепления развивалась под действием широтной циркуляции атмосферы.

На рис. 4. Показаны кривые отклонений суммарной годовой продолжительности, обобщенной зональной (зональная + нарушение зональности, 1) и обобщенной меридиональной (северная + южная, 2) групп циркуляций на северном полушарии от средней за 1889-2014 гг. (десятилетние скользящие средние). Кривые атмосферной циркуляции (см. рис. 4.) показывают, что потепление Арктики сопоставляется с развитием волны зональной циркуляции атмосферы. Сменившая это потепление более мощная волна потепления последних десятилетий XX в.

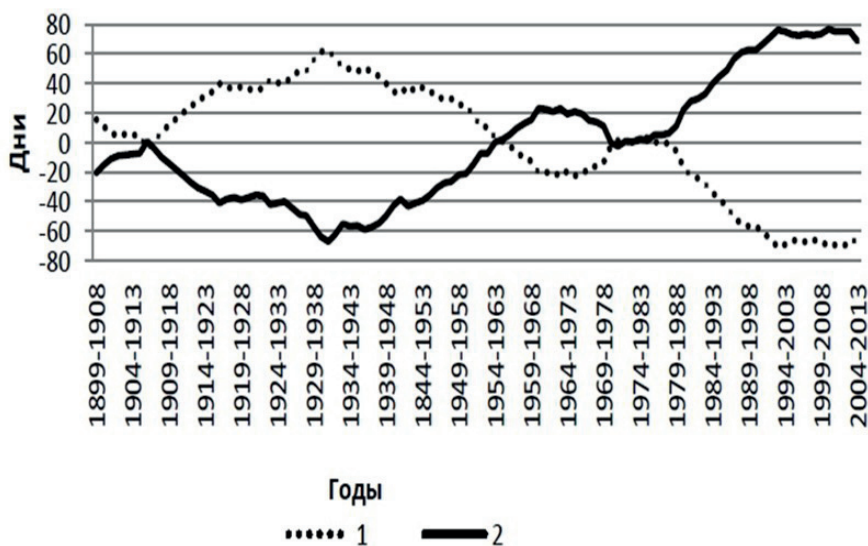


Рис. 4. Кривые зональной (1) и меридиональной (2) циркуляции в Северном полушарии за 1899-2014 гг. по Н.К. Кононовой [9]

Fig. 4 Curves of zonal (1) and meridional (2) circulation in the Northern hemisphere for 1899-2014 according to N.K. Kononova [9]

и начала XXI в. реализовалась уже в эпоху меридианной – более энергетически активной циркуляции. Похолодание 1950-х -1960-х гг. пришлось на эпоху смены циркуляционного режима приуроченного к максимуму векового цикла СА. Похоже, что подобный алгоритм смены режима циркуляции имел место и на волне векового цикла XIX в. Здесь период активного роста температуры в 1830-е и 1860-е гг. очевидно был сопряжен с активизацией воздушных потоков меридианной циркуляции на смену которым, на максимуме цикла 1870-х гг. пришла волна зональной циркуляции сформировавшая в дальнейшем волну «потепления Арктики» и так называемое термическое плато среднегодовой температуры около -10°C на большей части XX столетия (рис.5). Таким образом, наиболее активные фазы потепления XIX и XX столетий в Якутске были приурочены к ветви подъема (XIX в.) и ветви спада (XX в.) векового цикла СА. Они проявились на волнах активизации наиболее энергоэффективной меридианной циркуляции атмосферы развивавшихся при средних значениях активности Солнца чуть более 100W (101-103 W). Менее активное «Потепление Арктики» 1920-х – 1940-х гг. развивалось на ветви подъема векового цикла СА XX столетия на фоне менее активного Солнца (88W). Похолодания климата или шаг назад по ходу развивающегося потепления были приурочены к вековым максимумам солнечной активности имевшим место в 1870-м и 1957-м годах, когда значения чисел Вольфа достигали 139W и 190 W соответственно.

Исходя из отмеченных закономерностей в ходах солнечной активности, режиме циркуляции глобальной атмосферы и температуры в Якутске за два вековых цикла СА логично ожидать на фоне максимума векового цикла XXI столетия очередного возврата холодов связанного с переходом меридиональной циркуляции в зональную. Однако, судя по интегральной кривой температуры (рис. 5) среднегодовые температуры в Якутске при похолодании на максимуме векового цикла СА XXI столетия не опустятся ниже значений в -8° , -9°C .

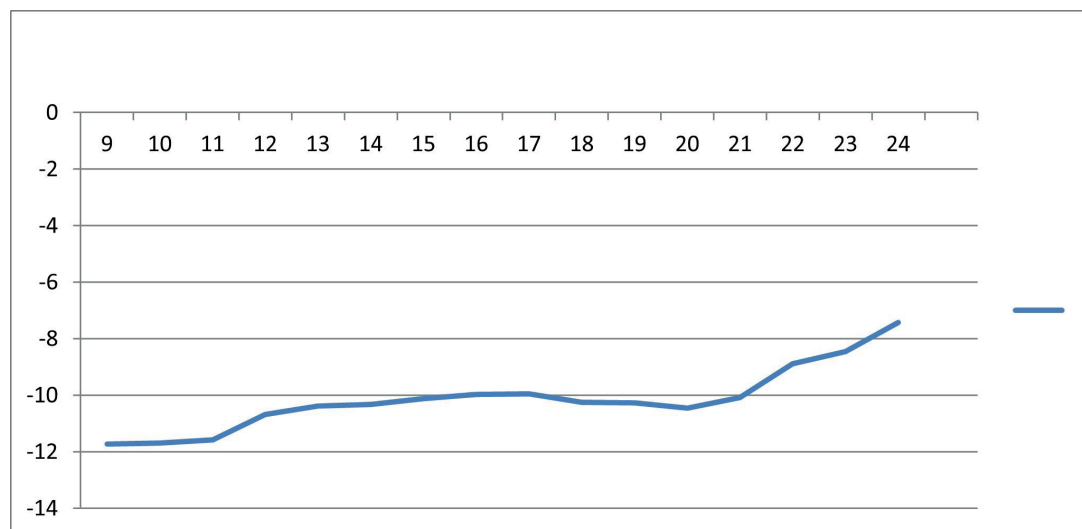


Рис. 5. Динамика кривой среднегодовой температуры ГМС Якутск в осредненных значениях показателей за каждый 11-летний цикл СА – от № 9 по № 24 (от 1830 до 2009 гг.)

Fig. 5 Dynamics of the average annual temperature curve of the Yakutsk OGMS in the average values of indicators for each 11-year cycle of CA – from No. 9 to No. 24 (from 1830 to 2009)

Вместе с тем, для детализации прогноза в ходах температуры в Якутске на текущее столетие, необходим как минимум прогноз чисел Вольфа. В качестве исходного, для решения этой важной задачи, принимаем понятие «стартовая позиция» (СП) векового цикла СА. Под этим термином мы понимаем осредненное значение показателей среднегодовых чисел W за первое десятилетие от начала каждого векового цикла СА. Отношение значений СП векового цикла

к осредненным показателям СА каждого входящего в него 11-летнего цикла открывает возможность выявить зависимость развития гармонической структуры ряда СА в рамках каждого исследуемого векового цикла. Экстраполяция результатов расчетов, выполненных за 200-летний период (два вековых цикла) открывает возможность (отталкиваясь от СП) экстраполяции предварительного прогноза гармоник текущего векового цикла (табл. 1-2).

Таблица 1 – Числа Вольфа за первые десятилетия от начала вековых циклов СА XIX, XX и XXI вв. в осредненных среднегодовых значениях W и их соотношение в % относительно максимального значения показателя

Вековой цикл СА, век	Продолжительность периода (лет) от начала цикла	Годы	Осредненное ср. годовое значение W	Соотношение, %
XIX в.	10	1809-1818	31,5	44,2 %
XX в.	10	1913-1922	71,3	100 %
XXI в.	10	2008-2017	52	73 %

Из табл. 1 следует, что начало текущего векового цикла СА уступает по стартовым значениям показателя (W) циклу XX в. (на 27 %), но примерно на столько же превосходит цикл XIX в. (на 29 %).

Следующим шагом в исследованиях явилось вычисление: 1) осредненных среднегодовых значений чисел W для каждого 11-летнего цикла начиная с цикла № 6 по Цюриху; 2) – отклонений между осредненными показателями W по каждому 11-летнему циклу относительно его «реперных» СП значений W. Результат расчетов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Осредненные среднегодовые значения 11-летних циклов СА в числах Вольфа вековых циклов СА XIX и XX вв. и отклонения значений их показателей относительно показателей W реперных десятилетий в %

Номер 11-летнего цикла на шкале Вольфа и по поряд- ку в рамках векового цикла	Год начала и окончания цикла	Продол- житель- ность, лет	Осреднен. ср. годовое значение W каждого цикла	Оср. ср. годовое зна- чен. W реперного десятилет.	Соотношение W 11-летн. цикла отно- сительно значений W реперного десятилетия, %
6 (1)	1809-1822	12	30,2	31,5	96
7 (2)	1823-1832	10	65		206
8 (3)	1833-1842	10	95		302
9 (4)	1843-1855	13	95,8		304
10 (5)	1856-1866	11	94,2		299
11 (6)	1867-1877	11	94,5		300
12 (7)	1878-1888	11	57,5		183
13 (8)	1889-1900	12	64,6		205
14 (9)	1901-1912	12	51,9		165
15 (1)	1913-1922	10	73,6	73,3	103
16 (2)	1923-1932	10	68		96
17 (3)	1933-1943	11	91		128
18 (4)	1944-1953	10	111		155
19 (5)	1954-1963	10	135		189
20 (6)	1964-1975	12	84		117
21 (7)	1976-1985	10	116		163
22 (8)	1986-1995	10	106		148
23 (9)	1996-2007	12	71		99
24 (1)	2008-2017	10	52	52	100

Из табл. 2. можно видеть, что, несмотря на достаточно низкое значение СП первого десятилетия векового цикла СА XIX в. (31,5 W), второй и третий 11-летние циклы по ходу этого цикла показали значительное приращение W – до 65 и 95 W соответственно. Вероятно поэтому модулированный ими меридиональный перенос воздушных потоков тропосферы, судя по темпам прироста показателей среднегодовой температуры в Якутске, породил волну активного потепления. Вековой цикл СА XX в. имел иную стартовую позицию. Осредненные среднегодовые значения показателей чисел W реперного десятилетия этого цикла имели более чем вдвое высокие показатели (71,3 W) относительно СП цикла XIX в. (31,5 W). Однако активный прирост W относительно реперного десятилетия в этом цикле реализовался только с приходом его третьей 11-летней волны. При этом величина прироста относительно стартового показателя W оказалась здесь менее значимой, чем в вековом цикле XIX в. Около 30 % относительно 100 % в предыдущем. В то же время показатели третьей 11-летней волны по ходу обоих вековых циклов оказались достаточно близкими – 95 и 91 W соответственно.

В последующих 11-летних циклах (четвертом, пятом и седьмом) по ходу векового цикла XX в. этот цикл продемонстрировал значительный прирост W составивший, относительно его реперной фазы, около 63 %. Осредненное среднегодовое значение W по циклу в целом составило 95,1 W, что превышает аналогичный показатель по вековому циклу XIX в 72,1 W на 23W или на четверть.

Теперь используя выполненные расчеты (см. таблицы 1 и 2) попробуем оценить приближенные параметры солнечной погоды на XXI столетие. Поскольку осредненное среднегодовое значение W первого десятилетия или стартовая позиция векового цикла XXI в. составляет 53,6 W и занимает промежуточное положение между значениями аналогичных показателей полученных нами для циклов XIX в. (31,5W) и XX в. (71,3 W) логично предположить, что прирост чисел Вольфа по ходу 11-летних циклов в XXI в будет близок к осредненным значениям прироста, имевшего место по ходу реализаций вековых циклов XIX и XX вв.

Если, приняв за основу нашу позицию выполнить расчеты в рамках 11-летних циклов XXI в., то можно ожидать следующие значения их показателей: в первом, начавшемся в 2008 г. – около 52-53,5 W; во втором – около 66,5; в третьем – 93 W; в четвертом – 103,5; в пятом – 114,5; в шестом – 89; в седьмом – 87; в восьмом – 85; в девятом – 61,5 W. Вместе с тем полученные нами показатели солнечной погоды следует рассматривать только как весьма приближенные. Это связано прежде всего с тем, что мы не знаем, сохранит ли свою тенденцию фоновый ритм (подстилающий) вековые циклы XVIII, XIX и XX вв. в XXI в. На сегодня его вклад в режим СА XX оценивается достаточно высоко. Согласно нашим расчетам – более 20 %.

Вместе с тем, если с позиции полученного нами режима солнечной погоды на XXI в. обратиться к оценке перспективы климатических изменений в Якутии, то в ближайшие годы можно ожидать некоторого понижения темпа потепления, а возможно и некоторого фрагментарного возврата холодов на фазах аномалий нечетно (второго) или цикла № 25 (по Цюриху). Этот феномен охватит большую часть 2020-х гг. и может сочетаться с понижением меридианной составляющей в системе глобальной циркуляции атмосферы. В 2030-е гг., следует ожидать возврата потепления, но это не приведет к очередному витку повышения температуры. В середине XXI столетия на максимуме векового цикла возможно похолодание и переход циркуляции в зональную форму. Вторая половина текущего столетия должна быть теплой, особенно на широтах Арктики.

В завершение отметим, что исследования дендрохронологических рядов сверхдлинных древесно-кольцевых хронологий сосны и лиственницы с широтных и высотных границ лесного пояса Азии и Северной Америки [2, 3] так же, как и наш прогноз не показывает в ближайшем будущем возврата к похолоданию в масштабах МЛЭ, которое возможно только в случае повторения Маундерского минимума, да и то лишь спустя четверть века от настоящего момента времени (время реакции среды).

Заключение

Если обратиться к диаграммам среднегодовой температуры приземного воздуха ГМС Якутск, циркуляции атмосферы в Северном полушарии и чисел Вольфа, то можно заметить, что циркуляция, как и режим температуры работает в прямой зависимости от режима СА. Переходы форм циркуляции от зональной к меридианной и наоборот происходят на максимумах вековых циклов СА и сопровождаются похолоданиями климата. Периоды потеплений тяготеют к ветвям подъема и спада векового ритма сосредотачиваясь у его границ. Точно такая же схема была открыта А.Л. Чижевским при исследовании природных и социальных процессов по ходу 11-летних циклов СА [12].

Судя по темпу прироста среднегодовой температуры в Якутске потепление на ветви подъема векового цикла в начале XIX в. шло при меридиональной циркуляции, т.е. наблюдался активный процесс закачки воздуха в приполярные широты кратчайшим путем – с юга на север. Затем на максимуме этого цикла (1870 г.) циркуляция развернулась на 90° и пошла с запада на восток, достигнув своего апогея уже на ветви подъема векового цикла XX в. (потепление Арктики). Затем после максимума цикла, уже на ветви спада она вновь пошла с юга на север. Получается, что один цикл обращения циркуляции охватывает не один, а два вековых цикла СА. Следовательно, завершения текущего цикла можно ожидать только во второй половине XXI века. При этом развитие текущего цикла потепления вероятно пройдет в тех же самых фазовых преобразованиях, что и в предыдущем.

По большому счету меридианная циркуляция разгоняет процесс потепления, а зональная держит плато, т.е. меридиональная это подъем на очередную ступеньку, а зональная это сама ступенька или площадка на пути подъема вверх по «лестнице» потепления. При переходе глобального процесса к понижению солнечной активности процесс циркуляции вероятно сохранит свою структуру, но будет идти зеркально с затуханием позиции как зональной, так и меридианной составляющей.

Литература

1. Пудовкин, М.И. Возмущения электромагнитного поля Земли / М. И. Пудовкин, О. М. Распопов, Н. Г. Клейменова ; Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова. – 1976 – 269 с. – Текст : непосредственный
2. Будыко, М. И. Избранные работы : монография / М.И.Будыко – Санкт-Петербург: ООО «Америт»: Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова. 2020. – 206 с.: ил. ISBN 978-5-9500883-7-7 I. – Текст : непосредственный
3. Алексеев, Д. США: прогноз глобального потепления на столетнюю перспективу // Аккумулятор новостей. 2005. URL: NEWSinfo.ru (дата обращения: 27.12.2005).
5. Антарктида тает по загадочным причинам. 2006 <http://news.gala.net/?cat=14&id=215842> (15.07.2006)
6. Михайлова, Т.Р. Глобальное потепление. URL: <http://www.sced.nnov.ru/Mih.htm21> (дата обращения: 15.07.2006).
7. Балобаев, В.Т. Прогноз изменения климата и мощности мерзлых пород Центральной Якутии до 2200 года / Балобаев В.Т., Скачков Ю.Б., Шендер Н.И. – Текст : непосредственный // География и природные ресурсы. – 2009. – № 2. – С. 50-56.
8. Большинов Д.Ю. Пассивное оледенение Арктики и Антарктиды : монография / Д.Ю. Большинов – СПб ААНИИ, 2006. 296 с. – Текст : непосредственный
9. Кононова, Н.К. Типы и особенности циркуляции атмосферы / Н.К. Кононова. – Текст : непосредственная // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2018. – № 3. – С. 108-123.
10. Эйгенсон, М.С. Солнце, погода и климат : монография / М.С. Эйгенсон. – Л., Гидрометеониздат. 1963. – 273 с. – Текст : непосредственный

11. Витинский, Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности : монография / Ю.И. Витинский – АН СССР. Гл. астроном. обсерватория. – Ленинград : Наука. Ленинградское отделение, 1973. – 257 с. – Текст : непосредственный

12. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь : монография / А.Л. Чижевский – М.: Мысль, 1976. 367 с. – Текст : непосредственный

References

1. Pudovkin, M.I. Vozmushhenija jelektronnogo polja Zemli / M. I. Pudovkin, O. M. Raspopov, N. G. Klejmenova ; Leningradskij gosudarstvennyj universitet im. A. A. Zhdanova. – 1976 – 269 s. – Tekst : neposredstvennyj

2. Budyko, M. I. Izbrannye raboty : monografija / M.I.Budyko – Sankt-Peterburg: OOO «Amerit»: Glavnaja geofizicheskaja observatorija im. A. I. Voejkova. 2020. – 206 s.: il. ISBN 978-5-9500883-7-7 I. – Tekst : neposredstvennyj

3. Alekseev, D. SSA: prognoz global'nogo poteplenija na stoletnjuju perspektivu // Akkumulator novostej. 2005. URL: NEWSinfo.ru (data obrashhenija: 27.12.2005).

5. Antarktida taet po zagadochnym prichinam. 2006 <http://news.gala.net/?cat=14&id=215842> (15.07.2006)

6. Mihajlova, T.R. Global'noe poteplenie. URL: <http://www.sced.nnov.ru/Mih.htm21> (lata obrashhenija: 15.07.2006).

7. Balobaev, V.T. Prognoz izmenenija klimata i moshhnosti merzlyh porod Central'noj Jakutii do 2200 goda / Balobaev V.T., Skachkov Ju.B., Shender N.I. – Tekst : neposredstvennyj // Geografija i prirodnye resursy. – 2009. – № 2. – S. 50-56.

8. Bol'shijanov D.Ju. Passivnoe oledenenie Arktiki i Antarktidy : monografija / D.Ju. Bol'shijanov – SPb AANII, 2006. 296 s. – Tekst : neposredstvennyj

9. Kononova, N.K. Tipy i osobennosti cirkuljacii atmosfery / N.K. Kononova. – Tekst : neposredstvennaja // Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija. – 2018. – № 3. – S. 108-123.

10. Jeigenson, M.S. Solnce, pogoda i klimat : monografija / M.S. Jeigenson. – L., Gidrometeoizdat. 1963. – 273 s. – Tekst : neposredstvennyj

11. Vitinskij, Ju.I. Ciklichnost' i prognozy solnechnoj aktivnosti : monografija / Ju.I. Vitinskij – AN SSSR. Gl. astron. observatorija. – Ленинград : Nauka. Leningradskoe otdelenie, 1973. – 257 s. – Tekst : neposredstvennyj

12. Chizhevskij A.L. Zemnoe jeha solnechnyh bur' : monografija / A.L. Chizhevskij – M.: Mysl', 1976. 367 s. – Tekst : neposredstvennyj.

Сведения об авторах

ПОМОРЦЕВ Олег Александрович – к.г.н., доцент кафедры прикладной геологии геологоразведочного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова, e-mail: olegpomortsev@mail.ru

POMORTSEV Oleg Aleksandrovich – Candidate of Geographic Sciences, Associate Professor, Department of Applied Geology, Faculty of Geology and Survey, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, e-mail: olegpomortsev@mail.ru