

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КЛИМАТА И ПРОГНОЗ ЕГО
ИЗМЕНЕНИЙ ДО КОНЦА XXI ВЕКА**

А.С.МАМЕДОВ, С.С.ВЕЛИЕВ, Е.Н.ТАГИЕВА
*Бакинский Государственный Университет,
Национальная Академия Наук Азербайджана*

Сейчас все в ожидании катастрофических последствий происходящего ныне глобального потепления климата Земли. При этом главным виновником этого потепления принято считать антропогенный фактор. Но климат это не застывшее «многолетнее состояние атмосферы», а система, которая сама по себе находится в процессе развития и изменений. Не выявив закономерности изменений, невозможно определить долю антропогенного фактора в этом процессе и составить более или менее точный прогноз изменения климата на ближайшее и более отдаленное будущее.

Ныне наиболее актуален прогноз на ближайшие десятилетия нынешнего и будущего века. Для этого необходимо выявить закономерности изменения климата в ближайшем прошлом - голоцене (последние 15-10 тыс. лет), историческом времени (последние несколько тысячелетий) и периоде инструментальных наблюдений (последние 100 с лишним лет).

Голоцен. Проблема климатического оптимума голоцена является одной из наиболее дискуссионных. По разработанной 100 лет назад схеме расчленения голоцена Блитт-Сернандера этот оптимум, т.е. его наиболее теплым и влажный период голоцена, приходится на атлантический период (8-4,5 тыс. лет назад). Данное представление в отношении Северной Евразии и Северной Америки господствует до сих пор. В пользу этого как-будто свидетельствует растительность. Судя по ее составу бореал (10-8 тыс. лет назад) холоднее атлантика, а на атлантический период в лесной зоне приходится максимум широколиственных пород, а вне нее – максимум древесных вообще.

Проведенный нами анализ большого количества палинологических спектров разрезов голоценовых отложений с датировками абсолютного возраста, показал следующее.

Во-первых, «холодный» по составу характер растительности бореала связано с тем, что на первых порах при потеплении формировалась растительность из флоры предыдущей ледниковой эпохой, так как нынешняя флора еще не успела мигрировать сюда с юга [8]. Это были прастепная растительность [8], самостоятельные орешниковые сообщества и другие типы, ныне отсутствующие.

Во-вторых, максимумы широколиственных пород, в действительности, в разных регионах приходятся на различные периоды. Атлантический максимум лишь частный и не самый многочисленный случай.

В третьих, максимум древесных указывает на смещение лесной границы, что на севере «определяется не только и не столько среднегодовыми температу-

рами и количеством атмосферных осадков, сколько продолжительностью вегетационного периода, летними температурами и глубиной сезонного оттаивания мерзлых грунтов» [7].

В четвертых, в субтропической зоне в атлантическом периоде фиксируются не теплые, а, наоборот, довольно прохладные условия. [1,4].

В пятых, к настоящему времени имеется большое количество сведений, согласно которым термический максимум голоцена приходится на бореальный период (10-8 тыс. лет назад), когда фиксируются и максимальные в голоцене значения и радиации, и концентрации CO₂ в атмосфере.

Таким образом, климат атлантического периода не был наиболее оптимальным, точнее наиболее теплым, в голоцене. Имеющиеся данные говорят об обратном. Наиболее теплым в голоцене был бореальный период - 10-8 тыс. лет назад. А, значит, с тех пор идет процесс похолодания, который должен привести к началу ледникового периода. Но эта перспектива для нас далекая. Предыдущее рисс-вюрмское (микулинское) межледниковье длилось около 50 тыс. лет – 125-75 тыс. лет назад [7]. А наше «межледниковье» длится не более 15-17 тыс. л.н.

Исторический период

Первые письменные сведения о Кавказе относятся ко II тыс. до н.э. Однако только с VII в. н.э. количество этих сведений увеличивается настолько, что появляется возможность восстанавливать особенности климатических условий. Работа по сбору этих сведений только начинается [5, 11]. К настоящему времени нами выявлено по Кавказу 112 единиц информации, относящейся к VII-XVII вв. Ещё 282 единицы нами собраны по более или менее близким регионам, располагавшимися в тех же широтах – Западной, Центральной (Средней) Азии, югу Восточной Европы и Средиземноморью. Все 394 единицы информации извлечены из 64 источников и характеризуют климатические условия и метеорологические явления 348 городов.

При этом не учитывались данные о голодных годах, эпидемиях и нашествиях саранчи, хотя они отмечаются в большинстве исследований, поскольку являются результатом каких-либо особых в тот или иной год климатических условий. Так, голод может быть результатом, как засухи, так и чрезмерно затяжных дождей. И то и другое вело к гибели значительной части урожая. Голод мог быть следствием долгих военных действий, чрезмерного обложения крестьян налогами и т.п. Неоднозначность причин возникновения голода, а также эпидемий и нашествий саранчи, вынудила нас опустить сообщения о них, если при этом не упоминались метеорологические данные.

В отличие от исследователей стран Европы и Восточной Азии мы лишены длительных летописей и хроник, а также многовековых архивов, которые позволили бы на базе однотипного материала выявить изменения климатических условий на протяжении нескольких столетий. Имеющиеся географические и исторические сочинения ограничиваются небольшим отрезком времени, и климату в них уделяется мало внимания. Географы тогда климат характеризовали несколькими конкретными словами – «жаркий», «холодный», «сухой», а историки упоминали метеорологические явления попутно, в связи с событиями, на которые чаще всего эти явления оказывали отрицательное воздействие. Так, в описаниях походов не-

редко отмечаются ливневые дожди и крепкие морозы, а в сообщениях о разрушениях, неурожаях и голоде упоминаются вызвавшие их засухи и наводнения.

Однако собранные вместе все эти сведения позволяют восстанавливать климатические условия прошлых веков. Описания летних сезонов показывают, что они и тогда были близки к современным. В то же время сопоставления данных о холодных, сухих и влажных годах, точнее, об их количестве, позволяет установить определенные изменения климата в последние 1,5 тыс. лет. На основе подсчета количества холодных (с морозами и снегом зимой и холодами в другое время года) и влажных (с ливневыми дождями, грозами, наводнениями и селями) лет в каждом столетии, начиная с VII в. и установления их процентного соотношения нами выявлено 6 периодов (таблица).

Наиболее ранний период охватывает VII-IX вв. Он характеризуется преобладанием холодных и влажных лет, причем наибольшая доля холодных лет приходится на VIII в. Этим временем (VIII-IX вв.) датируется один из уровней максимума Каспийского моря, а V-VIII вв. отмечается наступление ледников в Альпах, VIII-IX вв. – в Тянь-Шане, в VII-IX вв. – один из экстремумов похолодания в Карелии и Эстонии [5, 9]. Общим для всех отмеченных отрезков времени является VII в., который, видимо был экстремально холодным.

Второй период охватывает X-XII. Он характеризуется максимальной долей сухих годов, причем наибольшая приходится на XI в. К XI-XII вв. относится один из минимумов уровней Каспийского моря [6]. Данный период выделяется практически во всех источниках и уже давно именуется «малым климатическим оптимумом» [3, 6].

Третий период включает лишь XIII в., который содержит значительно большее, чем предшествующий и последующие века, количество холодных лет, а также довольно большое количество влажных. К этому времени относится максимальный за рассматриваемый период уровень Каспийского моря [6], наратлинская (историческая) стадия наступления ледников на Центральном Кавказе [3] и в Альпах [11], похолодание в Восточном Китае [16] и т.д. Этот период связывают с малым ледниковым эпохой, считают его началом этой эпохи или началом перехода от климатического оптимума к малому ледниковому периоду [3].

Четвертый период включает XIV и XV вв. Он характеризуется довольно большим количеством холодных и влажных лет при малом количестве сухих. Прохладный характер этих веков нередко служит основанием для отнесения их вместе с XIII в. к малому ледниковому периоду.

Пятый период охватывает XVI и XVII вв., выделяется большим количеством холодных и влажных лет и незначительной долей сухих лет. К этому же времени относится XVIII в. и первая половина XIX в., когда также отмечается суровые климатические условия. Этот период выделяется по всему миру, и уже давно получил название малой ледниковой эпохи. Для Каспийского моря он характеризуется высоким уровнем и последним его максимумом, который пришелся на конец XVIII – начало XIX вв. [6].

Таким образом, в последние 1,5 тыс. лет выделяется три холодных и влажных периода, охватывающие VII-IX, XIII и XVI-XIX вв. и разделяющиеся 400-500 годами. Из «теплых» периодов хорошо выделяется лишь малый климатический оптимум. Период XIV-XV вв. был довольно прохладным. Если исхо-

дить из максимумов похолодания, то четко выделяется 500-летний цикл, так как эти максимумы приходятся на VIII, XIII и XVIII – первая половине XIX вв. На основе этого можно предполагать, что предыдущие похолодания приходятся на II в. до н.э., III в. н.э. и близкие к ним века.

Похолодание II в. до н.э. подтверждается тем, что к III-II относится экспансия ледников в Альпах [3] и один из наиболее значительных экстремумов похолодания в Карелии и Эстонии [12]. К IV в. относятся сообщения о похолодании в Европе, замерзании рек Евфрата и Рейна [3], ко II-III вв. – о резком похолодании в Японии и Восточном Китае, замерзании р. Хуанхэ около Нанкина [16]. Приведенные данные позволяют похолодания второй половины I тыс. до н.э. датировать III-II вв. до н.э., а первой половины I тыс. н.э. - II-IV вв. К этим же векам относятся и периоды высокого стояния уровня Каспийского моря [6].

Следовательно, в последние 2,5 тыс. лет четко выделяется 500-летний климатический цикл, который хорошо выделяется и в изменениях уровня Каспийского моря [6]. К выводам о 400-600-летней цикличности пришел и В.М. Трубилин [8,9], изучая отложения Западной Туркмении.

Выявленные описания климатических условий и метеорологических явлений Кавказа и других регионов субтропической зоны сопоставлены нами с аналогичными явлениями более северных (севернее 45° с. ш.) умеренных широт [3]. Однотипная информация выявлена по 97 годам, из них 73 описания тех же явлений в регионах, расположенных севернее 45° с. ш. Ещё в 16 годах эти описания запаздывают или опережают друг друга на 1 год. И только в описаниях 8 лет (11%) отмечается полное несоответствие.

Таким образом, установлено почти полное соответствие явлений, происходивших в историческое время в субтропических и умеренных широтах, а значит, и синхронные изменения климатических условий. И, согласно им, сейчас идет процесс потепления, который начался во второй половине XIX в. и продолжится еще несколько веков.

Таблица

Данные о холодных, сухих и влажных годах в VII-XVII вв.

Показатели \ Века	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
Общее число лет с данными о климате	14	19	25	36	39	41	44	32	25	26	46
Количество холодных годов	6	14	10	9	8	3	18	8	9	12	28
Их доля в %	43	74	40	25	21	7	41	25	36	46	61
Количество сухих годов	2	3	3	10	22	17	10	9	3	1	6
Их доля в %	14	16	12	28	56	41	23	28	12	4	13
Количество влажных годов	7	5	10	9	9	12	13	15	7	8	21
Их доля в %	50	26	40	25	23	29	30	47	28	22	46

Период инструментальных наблюдений

Первые исследования по выявлению периодичности в изменениях климата принадлежат Э.А. Брикнер. Он собрал обширный материал инструментальных наблюдений за период 1700 по 1880 г и произвел их статистическую обработку. По полученным им данным изменения температур происходят почти одновременно всему Земному шару и амплитуда их колебаний составляет в среднем около 0.8° . Э.А.Брикнер сделал вывод о наличии 35- летнего цикла в режиме температур, атмосферных давлений и осадков [3].

Этим исследованиям большой толчок дало открытие закономерностей в изменениях солнечной активности. Они показали, что солнечная деятельность подвержена циклическим колебаниям, имеющим среднюю продолжительность около 11 лет. В отдельных случаях длительность циклов колеблется от 7.3 до 14.6 лет. В 1954г. Эйгенсон обнаружил 5-6 и 80-90 летние циклы солнечной активности [5].

Мы для выявления периодичности в изменениях климата провели статистическую обработку данных метеорологических наблюдений. Но первичные метеорологические данные из-за большой изменчивости мало приемлемы для изучения. Поэтому для выявления скрытой периодичности в среде метеорологических рядов применяют разные методы [3]. Мы применили метод скользящих средних.

Преимущество данного метода заключается в его простоте. Известно, что любой ряд наблюдений можно представить в виде гармонической функции. Однако, периоды наблюдаемых рядов зачастую по длине не всегда совпадают с гармониками. Решение вопросов связанных с периодичностью рядов рассмотрены в работе Шустера [3].

Объектом нашего исследования явились данные метеостанций трех городов Азербайджана: Баку, Куба и Гянджа. По указанной методике последовательность состоит из синусоид со следующими параметрами: φ_1 – фаза периодических колебаний, t – момент времени, λ – период. Она представлена в форме [3]:

$$y_t = \hat{y} + A_1 \sin(2\pi t/\lambda + \varphi_1) + A_2 \sin(2\pi t/\lambda + \varphi_2) + \dots + A_k \sin(2\pi t/\lambda + \varphi_k) + \dots \quad (1)$$

где A – амплитуда фаз, \hat{y} – среднее значение ряда: $A_1 \sin(2\pi t/\lambda + \varphi_1)$ – первую гармонику: где $A_1 = \sqrt{a^2 + b^2}$:

$$a = 2/\lambda \sum_{t=1}^{\lambda-1} (\hat{y} \cos(2\pi t/\lambda)),$$

$$b = 2/\lambda \sum_{t=1}^{\lambda-1} (\hat{y} \sin(2\pi t/\lambda)),$$

$$\varphi = \arctg(a/b).$$

Необходимо отметить что, если исследуемый ряд состоит из многочисленных периодических функций, то их можно определить по формуле [1]. В этом случае этот ряд можно аппроксимировать по формулам:

$$\hat{y} = A_0 + A_1 \sin(2\pi t/\lambda + \varphi_1) + A_2 \sin(2\pi t/\lambda + \varphi_2) + \dots + A_n \sin(2\pi t/\lambda + \varphi_n) + \dots + \theta \quad (2)$$

где θ^{\wedge} - случайное слагаемое в ряде.

Обобщая результаты собственных исследований и многочисленных работ по колебаниям климата, выявляются следующие эпохи [6]:

- а) 1881 – 1940 гг. интенсивное потепление;
- б) 1940 – 1960 гг. процессы похолодания;
- в) 1960 - 2007 гг. новое потепление.

Эта периодизация проявляется только в Северном полушарии, в других регионах она может не оправдываться.

Анализ интегральных кривых колебаний температур по городам нашей республики также показал, что в период за 1881–1940 гг. температуры отмечено понижение температур примерно на $0,1^{\circ}\text{C}$, а за 1940-1970 гг. температура стала на $0,2^{\circ}\text{C}$ выше нормы. После 1971 г. до 1990 г. отмечено понижения примерно на $0,1^{\circ}\text{C}$, затем до 2007 г. она снова стала выше нормы примерно на $0,1^{\circ}\text{C}$. [12].

Таким образом, с помощью проведенного анализа были выявлены 8, 24, 40 - летние ритмы. После их выявления мы аппроксимировав функции построили графики. Как видно из распределения вычисленных температур, они хорошо согласуются с фактическими. То же можно сказать и для станций Кубы и Гянджа.

Выявленные 8, 24 и 40-летние ритмы позволяют дать прогноз температуры воздуха на ближайшие десятилетия [12]. Полученная периодика хорошо оправдываются для них. Из рис. 5 видно, что, начиная с 1881-1905 г. на Кубе фактические и расчетные графики по фазе противоположены. Это можно объяснить отсутствием в то время метеорологических наблюдений. А в период 1881–1920 гг. для других городов произошло понижение температур, как по фактическим, так и по расчетным значениям (рис. 1, 2).

До 1960 г. фактические и расчетные графики по фазе совпадают, температуры повышаются. После 1960 года отклонения температуры понижается до $0,1^{\circ}\text{C}$, далее в повышении они достигнут максимума ($0,5^{\circ}\text{C}$) в 2030г. После наступит тенденция к понижению слабой амплитудой. Разница амплитуды при этом составляет всего $0,5^{\circ}\text{C}$. После 1960г. до 1980г. отмечается понижение, а с 1980г. до 2007г. – повышение со слабой амплитудой температур.

В целом, все три графика можно использовать в качестве прогноза температуры воздуха (рис. 1, 2). Согласно ему, с 2007г. до 2025г. ожидается резкий перепад – опускание температуры до $-0,3^{\circ}\text{C}$ ниже нормы, с 2025 г. до 2040 г. - такое же повышение – $+0,3^{\circ}\text{C}$, с 2040г. до 2090 г. – опять понижение на $-0,2^{\circ}\text{C}$ ниже нормы, а после 2090 г. – слабое повышение на $+0,2^{\circ}\text{C}$ выше нормы.

Обобщая все изложенное, можно твердо сказать, что об однонаправленном изменении климата, точнее температур, в будущем говорить не приходится. Если исходить из крупных циклов в тысячи и десятки тысяч лет, то мы уже давно прошли пик потепления и находимся на стадии похолодания, двигаясь к новому ледниковому периоду.

В отношении к более мелким циклам – в 500 лет – происходит обратный процесс – то самое глобальное потепление, о котором сейчас часто говорят. И этот процесс вызван естественными факторами. Деятельность человека, наверняка, как-то усиливает данное потепление, но, по нашему мнению, не существенно. По крайней мере, на данное время.

Об этом свидетельствует то похолодание, которое ожидает нас в ближай-

шие 20 лет, судя по ритмам периода инструментальных наблюдений. Мы его ощущаем уже сейчас, и теперь нам следует готовиться не к потеплению, а к, хоть и небольшому, но похолоданию.

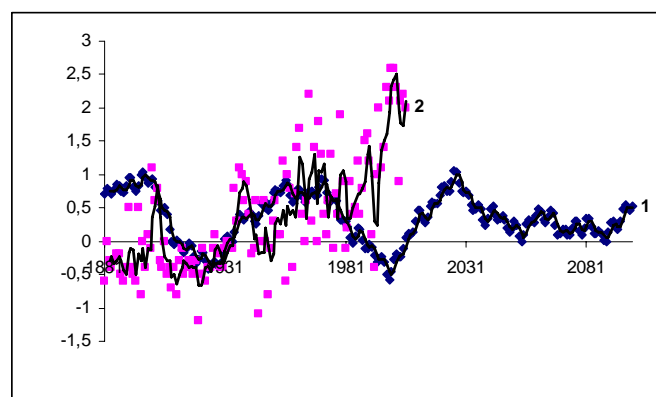


Рис. 1. Многолетные колебания температуры воздуха по Губе. 1 – вычисленные, 2 – фактические.

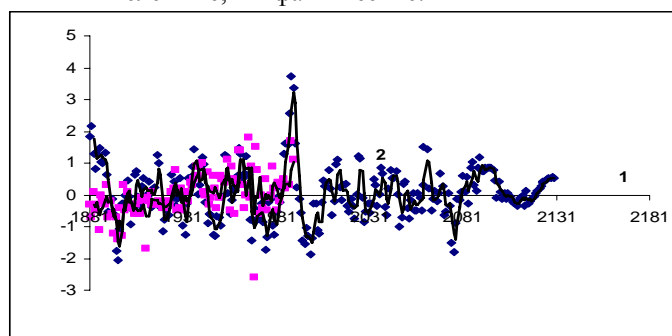


Рис. 2. Многолетные колебания температуры воздуха по Гяндже. 1 – вычисленные, 2 – фактические.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешинская З.В., Никонов А.А., Шумова Г.М. Природные особенности Северного Памира и Алайской долины в конце позднего плейстоцена и голоцене (по данным спорово-пыльцевого анализа) / Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1985, № 2, с.87-94.
2. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988, 526с.
3. Брукс К. Карузертс Н. Применение статистических методов в метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1963, с.325.
4. Велиев С.С. Палеогеография Восточного Закавказья и сопредельных областей в позднем плейстоцене и голоцене. Автореф. дисс. ... докт. геогр. наук. Баку: 1994, 42с.
5. Велиев С.С., Тагиева Е.Н., Алекперова Х.А., Атакишиев Р.М. Палеогеографические условия формирования четвертичных (послеабшеронских) осадков Каспийского моря. // Изв. АН Азерб. Науки о Земле. 2004, № 4, с. 195-202.
6. Винников К.Я. Чувствительность климата. Л.: Гидрометеиздат, 1986, с.260.
7. Данилов И.Д., Полякова Е.И. Палеоклимат позднего плейстоцена и голоцена севера Западной Сибири и Печорской низменности. / Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. М.: 1989, с. 145-151.

8. Исаева-Петрова Л.С. История луговой степи Среднерусской возвышенности в голоцене./ Палинология четвертичного периода. М.: 1985, с. 168-183.
9. Колебания ледников и процессы моренонакопления на Центральном Кавказе. М.: Наука, 1984, 216с.
10. Мамедов А.В., Велиев С.С.Изменение климата Восточного Закавказья в позднеледниковье и голоцене./ Палеоклиматы голоцена Европейской части СССР. М.: 1988, с. 47-52.
11. Эйгенсон М.С. Очерки физико–географических проявлений солнечной активности. Львов: 1957, с.120.
12. Мəммədov Ə.С. Regional iqlim tərəddüdləri. Bakı Universitetinin xəbərləri, 1999, №1, s.7.

İQLİMİN FORMALAŞMA QANUNAUYĞUNLUQLARI VƏ ONUN XXI ƏSRİN SONUNA KİMİ PROQNOZU

Ə.S.MƏMMƏDOV, S.S.VƏLİYEV, E.N.TAĞIYEVA

XÜLASƏ

Hazırda iqlim dəyişmələri və onun fəsadları tədqiqatçıları daha çox maraqlandıran problemlərdən biridir. Məqalə məhz belə bir məsələnin həllinə həsr edilir. Bunun üçün, son 1000 illiyin iqlimi ətraflı tədqiq edilir, həmin dövrə xas olan soyuq, quru və rütubətli iqlim xüsusiyyətləri təhlil olunub qiymətləndirilir. Müşahidə dövrünü əhatə edən iqlim xüsusiyyətləri müəyyənləşdirilir, günəş sikllərinə əsaslanaraq 8,24,25 və 40 illik periodikalar müəyyən edilir. Həmin periodikalara əsasən Respublikanın üç iri sənaye mərkəzi üçün gələn 100 ilə temperatur proqnozları verilir. Hazırlanmış metod, istənilən ərazinin iqlim proqnozlarınınin tərtib olunmasında istifadə oluna bilər.

THE REGULARITY OF CLIMATE FORMATION AND THE FORECAST OF CLIMATE CHANGE TO THE END OF XXI CENTURY

A.S.MAMMADOV, S.S.VALIYEV, E.N.TAGIYEVA

SUMMARY

The article deals with the most significant problems interesting researchers-global warming, climate changes and their disastrous effects, it thoroughly investigates the climate of the last millenium and analyses cold, dry and damp climatic features characteristic to that period. Climatic features of the investigated period are defined and basing on the solar cycle 8, 24, 25 and 40 year-periods are identified as well.

Basing on the above-stated periods next 100 year temperature forecasts are given for the three largest industrial centers of the Republic. The developed method is applicable for the climate forecast of any territory.