

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПАЛЕОКЛИМАТОВ ЗЕМЛИ

Рукин М.Д.¹, Харламенко И.В.²

¹ д.т.н., профессор, Музей земледования МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

e-mail: ruckin.mihail@yandex.ru

² Преподаватель, Кафедра английского языка для естественных факультетов, ФИЯР, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия; e-mail: ikharlamenko@yandex.ru

Аннотация. В статье приведено сравнение расчетных данных с геологическими данными. Приведены вариации средней широты (за геологический период), границы умеренной и субтропической зоны для Северного полушария в фанерозое. Добавлены также вариации климатической зональности в раннем и позднем палеозое. В работе продолжается развитие идей Ю.В. Волкова и А.Ф. Черняева.

Ключевые слова: климат, климатические факторы, расчетные данные, климатические зоны, климатические модели

В модельных расчетах мы прослеживаем общие изменения во времени в широтном расположении границ субтропической и умеренной зон. Выбор вариаций положения именно этих границ в качестве показателя климата определяется тем, что такие изменения, безусловно, связаны с глобальными потеплениями и похолоданиями, аридизацией и гумидизацией.

В этой статье речь идет о многократном смещении к северу и к югу климатических зон в течение геологического времени их сосуществования. Доказывается это сравнением положения климатических зон расчетных данных с существующими моделями. Результаты для проведенных исследований приводятся в расположенных ниже 3-х таблицах.

Используя данные таблицы 1, мы можем рассчитать основные модельные показатели климатов и их изменчивость [12] для всех периодов палеозоя и мезозоя. Такие расчетные величины получены и сведены в таблице 1. Время начала периодов приводится по шкале [3].

При анализе результатов будем иметь в виду следующее. Если граница зон смещается к полюсу, а для Северного полушария – к северу, то на Земле в это время идет процесс потепления (и, как правило, аридизация). Напротив, если граница смещается к экватору, а для северного полушария – к югу, то на Земле в это время идет процесс похолодания (и, как правило, гумидизация). Это позволяет нам говорить о потеплениях и похолоданиях, о теплых и холодных периодах.

При обозначении широты границы зон величиной Θ , а среднеквадратичное отклонение от среднего значения этой величины будем обозначать σ , то дисперсию будем иметь в виде величины σ^2 . Величина (Θ) характеризует климат рассматриваемого периода в среднем по интервалу данного периода и его изменчивость во времени.

Как можно видеть из таблицы 1, кембрийский период был теплым, о чем говорит высокое среднее положение границы умеренной и субтропической зон ($\Theta_{\text{ср}} \ll 54^\circ \text{ с.ш.}$), и стабильным (σ для границы зон составляло $5,7^\circ \text{ с.ш.}$ за весь период). Для сравнения отметим, что в настоящее время

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 2 (27), 2018

$\Theta_{\text{ср}} \approx 40^\circ$ с.ш. В ордовике и силуре граница зон сместилась далеко на север ($\Theta_{\text{ср}} > 70^\circ$ с.ш.), это говорит о том, что эти периоды были теплыми. Девон был теплым, но холоднее ордовика и силура. В этот период возросла и нестабильность (изменчивость) климата (σ для границы зон была $>11^\circ$ с.ш. за весь период).

Таблица 1. Вариации средней широты (за геологический период) границы умеренной и субтропической зоны для Северного полушария в фанерозое.

Эра	Период	Время начала периода	Средняя широта границы зон Θ , °с.ш.	Среднее квадратичное отклонение $\Theta_{\text{ср}} = \sigma$, °с.ш.
Кайнозой		65	-	-
Мезозой	Мел	146	56,5	19,5
	Юра	208	48,2	15,1
	Триас	245	56,1	14,2
Палеозой	Пермь	290	37,4	12,7
	Карбон	363	38,2	10,5
	Девон	409	60,6	11,4
	Силур	439	73,6	10,5
	Ордовик	510	77,4	8,3
	Кембрий	570	53,7	5,7

Каменноугольный и пермский периоды характеризуются низкими значениями средней широты зон, в среднем даже ниже ее современного уровня ($\Theta_{\text{ср}} < 39^\circ$ с.ш.), и высоким уровнем изменчивости ($\sigma = 13^\circ$ с.ш. – для пермского периода).

Триасовый период отмечен смещением границы зон в высокие широты ($\Theta_{\text{ср}} \approx 56^\circ$ с.ш.), что, по-видимому, говорит о потеплении и аридизации климата в это время.

В юрский период граница зон несколько сместилась к югу ($\Theta_{\text{ср}} \approx 48^\circ$ с.ш.), но в меловой период она снова сместилась к полюсу и достигла наибольшего значения за мезозойскую эру ($\Theta_{\text{ср}} \approx 57^\circ$ с.ш.). В течение мезозойской эры показатель климатической изменчивости σ нарастал от 14° в триасе до 20° с.ш. в мелу.

В целом, картина климатических изменений, которая просматривается из данных таблицы 1, не противоречит данным палеоклиматологии [2].

Представляет интерес рассмотреть те же средние статистические характеристики палеоклиматической зональности для более мелких подразделений геохронологической шкалы. Результаты таких вычислений приведены в таблице 2. Вариации средней (по векам) широты границы умеренной и субтропической зон для Северного полушария, 0 с.ш. Время начала века по шкале [1].

Таблица 2. Время начала века по шкале [1].

Время, млн. лет	Век	Θ _{ср}	σ
210	Rhaetian	55,0	7,1
223	Norian	66,5	9,0
235	Camian	47,7	18,5
240	Ladinian	51,2	3,7
241	Anisian	56,0	0 Tr
242	Spathian	55,0	0
243	Nammalian	49,0	0
245	Griesbachian	55,0	0
248	Changxingian	50,0	3,6
250	Longtanian	52,5	0,7
253	Capitanian	51,3	0,6
255	Wordian	50,0	0
256	Ufimian	48,0	0 P
260	Rungurian	42,8	2,5
269	Artinskian	40,0	2,9
282	Sakmarian	25,3	12,6
290	Asselian	30,9	8,9
294	Noginskian	48,3	4,5
295	Klazminskian	43,0	0
298	Dorogomilovskian	41,7	5,8
300	Chamovnicheskian	30,5	4,9
303	Krevyakinskian	46,3	3,8
305	Myachkovskian	35,5	0,7
307	Podolskian	48,5	6,4
309	Kashirskian	51,0	4,2
311	Vereiskian	53,0	2,8 C
313	Melekesskian	58,0	1,4
318	Cheremshanskian	48,4	4,2
321	Yeadonian	39,3	3,2

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 2 (27), 2018

Время, млн. лет	Век	Θср	σ
322	Marsdenian	32,0	0
323	Kinderscoutian	24,0	0
326	Alportian	30,3	5,0
328	Chokierian	34,5	4,9
331	Arnsber	37,3	2,9
333	Pendleian	36,5	0,7
336	Brigantian	35,0	3,0
339	Asbian	25,3	2,5
343	Holkerian	29,5	3,1
346	Arundian	35,3	1,2 C
350	Chadian	28,3	7,4
354	Ivorian	20,0	10,9
363	Hastarian	42,0	9,3
367	Famennian	47,3	8,1
377	Frasnian	55,9	7,8
381	Givetian	62,2	2,3
386	Eifelian	62,8	3,2 D
390	Emsian	48,0	4,5
396	Pragian	54,2	11,9
409	Lochkovian	73,8	4,0
411	Pridoli	79,0	0
415	Ludfordian	77,8	2,9
424	Gorstian	78,8	3,1
425	Gleedonian	82,0	0
426	Whitwellian	83,0	0 S
430	Sheinwoodian	80,5	1,3
433	Telychian	72,0	4,6
437	Aeronian	51,5	4,4
439	Rhuddanian	60,5	3,5
443	Ashgill	67,0	3,5

Время, млн. лет	Век	Θ_{cp}	σ
464	Caradoc	75,9	7,6
469	Llandeilo	85,2	3,5 O
476	Llanvirn	87,3	0,5
493	Arenigl	76,4	8,0
510	Tremadoc		
514	Dolgellian	59,5	3,1
517	Maentwrogian	51,7	2,5.
530	Menevian	47,2	5,4
536	Solvan	60,8	2,1 G
554	Lenian	53,7	4,2
560	Atdabanian	52,2	2,5551,8
570	Tommotian	57,6	

Примечание: Подчеркнуты и выделены жирным шрифтом – максимальные σ для данного периода.

Смысл характеристик Θ_{cp} и σ тот же, что и выше, но только усреднение теперь не по интервалу времени периода, а по интервалу продолжительности каждого века. Датировка границ периодов и веков (с округлением величин до целых значений), а также обозначения взяты из шкалы [22]. Значения Θ_{cp} и σ рассчитывались как средние (δ_{cp} от Θ и σ – их средние квадратичные отклонения) по таблицам, приведенным в работе [7].

Из данных таблицы 2 картина климатических изменений в промежутке от кембрийского до триасового периода включительно предстает с большими подробностями. Можно заметить, что в начале второй половины кембрия произошло смещение средней широты границы зон к югу до 47° с.ш. и одновременно возросла изменчивость ($\sigma=5,4^\circ$ с.ш.). Согласно изложенному выше, в этот век должны произойти некоторое похолодание и гумидизация климата.

В ордовикском периоде, видимо, необычайно жарком для суши, первое существенное смещение широты границы зон к экватору произошло в карадокском веке, и тогда же возросла изменчивость климата. Граница силура и ордовика отмечена наибольшим за период смещением границы зон к югу. В силурийский период граница зон снова сместилась к северу и ее обратное смещение происходило уже в девоне.

В девонском периоде граница зон дважды смещалась к югу – в эмский (до 48° с.ш.) и фаменский (до 47,3° с.ш.) века. В каменноугольный и пермский периоды смещение границы зон к югу происходило неоднократно. Последнее за эти периоды смещение произошло в сакмарский век перми (до 25,3° с.ш.). После этого граница зон смещалась к северу, и только в капитанском веке и непосредственно у границы перми и триаса происходили небольшие по величине смещения границы зон на юг – в намальском (49° с.ш.) и карнийском (47,7° с.ш.), а максимальное смещение к северу – в норийский век (66,5° с.ш.).

В таблице 2 заметна еще одна интересная особенность (поведение величины σ , которое характеризует изменчивость положения границы зон), а квадрат этой величины есть дисперсия) и,

следовательно, климатическая изменчивость представлена за тот период, за который вычисляются средние значения широты границы зон. Замечательно, что максимумы этой величины находятся вблизи границ крупных геохронологических разделов. Вряд ли такое совпадение может быть случайным – возрастание климатической нестабильности должно вести к многочисленным изменениям в растительном и животном мире, а именно, по их остаткам и устанавливается положение крупных стратиграфических разделов.

Некоторые отклонения максимумов σ от установленных границ могут объясняться какими-то естественными причинами, либо некоторой неточностью датировок границ в самой геохронологической шкале. Мы вернемся к этому вопросу при рассмотрении аналогичных результатов для мелового периода.

Вариации климатической зональности в раннем палеозое (570-410 млн. лет) [4]

Бедность органических остатков и малое число палеотермических определений для случая раннепалеозойского времени делают необходимым привлечение литологических индикаторов палеоклиматических обстановок [5, 6]. Благодаря моделированию теперь есть возможность сопоставления результатов анализа климата, полученных двумя независимыми методами. Для этого использовалась дополнительная шкала [20].

Кембрийский период (570-511 млн. лет). Согласно модели, в начале кембрийского периода шел процесс потепления – граница зон субтропического и умеренного поясов постепенно смещалась в высокие широты от 54 до 60° с.ш. (табл. 2), а среднее значение этой величины в алданском веке – до 56° с.ш. Во второй половине алданского века потепление сменяется похолоданием – снижением широты границ климатических зон. Однако вариации положения границ зон в конце алданского века происходили неравномерно. Снижение средней широты границ зон приводит к минимальному ее значению на рубеже алданского и ленского веков – 49° с.ш., после чего начинается новый рост до значения 56° с.ш. Колебательный характер перемещения границ климатической зональности в первой половине ленского века мог соответствовать картине чередований частичных аридизаций и гумидизаций климата в это время. После быстрого процесса похолодания в середине ленского века, с понижением границы зон до 46° с.ш., далее до конца века шел процесс постепенного ее возрастания до 53° с.ш. в конце века. Среднее значение этой величины в ленском веке – 52° с.ш.

Геологические материалы по кембрию очень малочисленны и не позволяют дать подробную характеристику климатической зональности. Однако о жарком и аридном климате начала кембрия можно судить по распространению экстракарбонатной, сульфитно-карбонатной и эвапоритовой формаций, присутствию остатков археоциатовой, коралловой и брахиоподовой фауны, распространению осадочных железных руд, фосфоритов и солей. Нижнекембрийские толщи присутствуют в Северной Америке, Южной Америке, Евразии. С течением времени площади солеродных бассейнов сокращались [13].

Модельные расчеты показывают, что АМГИНСКИЙ ВЕК продолжает аридную фазу, начавшуюся с середины ленского века. Незначительные гумидизации в начале и конце века не нарушают этой общей тенденции.

Среднее значение границы зон в амгинском веке составляет 57° с.ш., а минимальное и максимальное – 54 и 61° с.ш. соответственно. Аридная фаза достигает своего максимума в начале МАЙСКОГО ВЕКА – граница зон – 64° с.ш. Далее с небольшими колебаниями граница зон смещалась до отметки 40° с.ш. в конце майского века. Среднее значение этой величины в майском веке – 52° с.ш.

Таблица 3. Вариация широты северной границы субтропической зоны в раннем палеозое согласно модели [15-18] (граница субтропической и умеренной зон, градусы с.ш.).

Время, млн лет	Градусы с.ш.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
410	79	79	74	77	80	80	81	79	72	77
420	79	82	82	Л	78	82	83	82	81	80
430	79	76	73	67	57	49	47	53	58	63
440	66	66	64	72	72	77	76	78	83	80
450	70	70	65	57	67	71	72	74	80	85
460	86	84	78	82	86	86	87	79	87	87
470	87	87	87	87	87	88	88	88	88	87
480	80	86	88	88	87	-82	80	78	81	82
490	76	77	78	77	78	78	77	77	76	74
500	74	72	69	67	63	64	65	66	66	65
510	64	63	61	58	56	54	52	49	46	42
520	39	40	43	47	48	49	50	51	50	50
530	59	61	58	64	62	59	61	60	60	59
540	58	54	49	54	54	53	53	49	49	46
550	56	56	49	56	52	49	51	55	50	54
560	54	57	58	60	59	59	59	58	56	56

Если в течение майского века, по модели, существовали условия, которые при подходящих палеогеографических обстоятельствах могли привести к развитию оледенения, то с начала ПОЗДНЕГО КЕМБРИЯ начинается новая аридная фаза: граница зон от 39° с.ш. неуклонно шла вверх до 66° с.ш.

Согласно геологическим данным, к концу кембрийского периода возрастание роли глинистого материала и появление гидроокислов железа среди бассейновых фаций, а также находки реликтов кор выветривания позволяют предполагать наступление существенной гумидизации [7]. В позднем кембрии накопление галогенных осадков почти прекратилось, резко сократилось рифообразование. Вместе с тем возросло поступление в седиментационные бассейны терригенного материала. Это говорит о том, что климат стал менее засушливым, возросло количество атмосферных осадков, увеличились сток и денудация. С изменением климатических условий изменилась и фауна: началось вымирание организмов, строящих рифы (археоциаты), и наступил расцвет групп, обитавших в зоне накопления терригенных илов (трилобиты) и других организмов, в том числе новых семейств [12, 14, 19].

Согласно модели, процесс аридизации, начавшийся в позднем кембрии, продолжался в течение ТРЕМАДОКСКОГО и АРЕНИГСКОГО веков (ярусов, СНГ). С небольшими колебаниями вблизи границ веков средняя широта границы зон повышалась от 39° до 88° с.ш. Ее среднее значение в тремадокском веке составило 74°, а в аренигском – 84° с.ш.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 2 (27), 2018

В тремадокский этап общего преобладания гумидного климата произошло формирование залежей оолитовых железных руд Скандинавии и Прибалтики, образовались новые аридные зоны. Одновременное появление в аренигском веке на разных континентах новых аридных зон, вероятно, было следствием общего потепления климата планеты [21].

Согласно модели, среднее значение широты границы зон составляло в ЛЛАНВИРНЕ 87° и в ЛЛАНДЕЙЛЕ – 75° с.ш. соответственно. Характер изменений границы зон в эти века отличается от раннего ордовика – положение границы зон в течение этого времени остается почти неизменным. Лишь в лландейльском веке намечается некоторое ее снижение за счет двух фаз незначительного понижения границы зон. Смещение тропической зоны в область 60-х и более высоких широт означало ее гумидизацию за счет огромного расширения зон экваториального климата по всей Земле.

Согласно геологическим материалам, лланвирнский и лландейльский века характеризуются волной гумидизации климатических условий [21]. Общая гумидизация среднего ордовика подтверждается также образованием ряда месторождений осадочных железных и марганцевых руд. Среднеордовикские оолитовые железные руды известны на юге Мичиганского и в Виллстонском бассейнах, в Нормандии, Испании, Тюрингии и Богемии, марганцевые руды – в Казахстане и Тянь-Шане.

Согласно модели, с начала КАРАДОКСКОГО ВЕКА наступает фаза снижения средней широты границы зон. Среднее значение этой величины в карадоке уже 71° , а в ашгилле – 65° с.ш. По мере снижения средней широты границы зон на континентах вновь появляются области, соответствующие тропической зоне.

Литологические индикаторы показывают, что в начале позднего ордовика аридные зоны снова возникли почти на всех континентах [21]. Аридизация климата позднего ордовика предшествует по времени появлению ледниковых отложений в Европе, Северной Америке и Африке. В Европе оледенение везде имело горный характер. Итак, потепление и аридизация карадока сменились в ашгилле похолоданием.

Согласно модели, средние значения широты границы зон для ЛЛАНВИРНСКОГО И ВЕНЛОКСКОГО веков составляют 64° и 81° с.ш. соответственно. Эволюция зональности шла от минимального значения 47° с.ш. в начале лланвирна до $82-83^\circ$ с.ш. в венлоке. Зональность венлока практически неизменна.

В начале силура господство гумидного, сравнительно прохладного климата сохранялось, так как в лландоверских отложениях всех материков признаки аридности условий неизвестны (исключением является Сибирская платформа), но широко развиты тиллиты и тиллитоподобные образования в Южной Америке. В течение венлокского века климатические условия постепенно изменились. Если в первую его половину, возможно, еще сохранялся прохладный климат, о чем свидетельствует тиллиты на юго-западе Перу и др., то затем, очевидно, наступило существенное потепление, так как на разных материках одновременно возникли аридные зоны, в которых формировались эвапориты и гипсоносные отложения [21].

Согласно модели, после максимума в подъеме границ зон в начале венлока до величины 83° с.ш. в позднем силуре намечается постепенный общий спад до 79° с.ш. Однако этот процесс шел с небольшими колебаниями, но последние усиливались перед концом каждого века, что, вероятно, приводило к эволюционному скачку в развитии органического мира. Средние значения границы зон для двух веков позднего силура – 79° и 78° с.ш. соответственно.

В верхах разрезов силурийских отложений литологические признаки аридности перестают встречаться, и новая волна общего эвапоритообразования зародилась в среднем девоне [4]. Следовательно, вполне вероятно, что в конце силурийского периода наступило преобладание гумидных условий и, очевидно, некоторое похолодание.

Таким образом, проверяемая расчетная модель вариаций климатических зон в раннем палеозое в целом соответствует картине климатических изменений в этот период, намечаемый исходя из анализа имеющихся геологических материалов. Если построить палеотемпературную кривую на основании средних данных магнезиальной палеотермометрии (в основном по территории Европы, Южной Сибири, Казахстана, Средней Азии, Закавказья, которые располагались в разных климатических поясах) и температурной интерпретации ряда палеоклиматических индикаторов, в частности, фаунистических комплексов, флористических данных и некоторых геохимических показателей, можно получить дополнительное подтверждение приведенных выводов. Следовательно, теоретическая модель вариаций климатической зональности может быть рекомендована к использованию при исследованиях палеоклиматов раннего палеозоя наряду с другими известными методами реконструкций.

Возникает вопрос: нельзя ли применить модель «резонансов» для каких-либо практических целей? Ответ на этот вопрос будет, возможно, получен при дальнейших исследованиях.

Библиографический список:

1. Боуэн Р. Палеотемпературный анализ. – Л.: Недра, 1969. – 208 с.
2. Веклич М.Ф. Проблемы климатологии. – Киев, 1987. – 189 с.
3. Климаты Земли в геологическом прошлом. Под ред. Величко Л.А. – М.: Наука, 1987. – 230 с.
4. [Волков Ю.В.], Рукин М.Д., [Черняев А.Ф.] Некоторые математические модели палеоклиматологии // Академия Тринитаризма, М., Эл № 77-6567, публ. 20707, 06.06.2015.
5. Волков Ю.В. Таблицы и графики короткопериодных вариаций геоморфологического поля для климатологических исследований (по теории локсодромии Земли). – Деп. ВИНТИ, 1985. – № 2230. – 320 с.
6. Волков Ю.В. Солнечная активность и климатическая зональность // Бюлл. МОИП, Отдел. геол.– 1990. – Т. 65, вып. 3, – С. 108-115.
7. Волков Ю.В., Сеславинский К.Б., Ясаманов Н.А. Об изменениях климата в кембрии, ордовике, силуре // ДАН СССР. – 1991. – Т. 317, № 6. – С. 1439-1442.
8. Волков Ю.В. Климатические изменения в триасе, юре, мелу // ДАН СССР. – 1994. – Т. 335, № 4. – С. 466-470.
9. Волков Ю.В., Сеславинский К.Б., Ясаманов Н.А. Об изменениях климата в кембрии, силуре // ДАН СССР. – 1991. – Т. 317, № 5. – С. 1201-1205.
10. Голубчиков Ю.Н. Глобальные катастрофы в истории цивилизаций. – М.: Вече, 2005. – С. 379.
11. Голубчиков Ю.Н., Шокарев С.Ю. Универсальный атлас мира. 4-е изд. – М.: АСТ, 2008. – С. 312.
12. Дроздов О.А., Васильева В.А., Кобышева Н.В. и др. Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
13. Жарков М.А. Палеозойские соленосные формации мира. – М.: Недра, 1974.
14. Монин А.С. Введение в теорию климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 246 с.
15. Рукин М.Д., [Волков Ю.В.], Винник М.А. Прогнозные модели климатов планет. Эмпирические знания о климатах // Климат и природа. – 2015. – № 3 (16). – С. 11-15.
16. Рукин М.Д., [Волков Ю.В.], Винник М.А. Прогнозные модели климатов планет. Имитационные и кинетические модели // Климат и природа. – 2015. – № 3 (16). – С. 16-25.
17. Рукин М.Д., [Волков Ю.В.], Винник М.А. Прогнозные модели климатов планет. Диаграммная техника построения и анализа моделей // Климат и природа. – 2015. – № 4 (17). – С. 43-55.
18. Рукин М.Д., [Волков Ю.В.], Винник М.А. Прогнозные модели климатов планет. Модели радиационного баланса. // Климат и природа. – 2015. – № 4 (17). – С. 56-64.
19. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – Т. 1. – С. 212.
20. Шкала геологического времени / У.Б. Харленд и др. – М., 1985. – 140 с.
21. Ясаманов Н.А., Волков Ю.В. Вариации климатической зональности в позднем палеозое // ДАН СССР. – 1991. – Т. 317, №5. – С. 1196-1200.
22. Harland W.B., Armstrong R.L., Cox A.V. et al. A Geologic Time Scale. – Cambridge Univ. Press, 1989.

MATHEMATICAL MODELS OF THE EARTH PALEOCLIMATES

Rukin M.D.¹, Kharlamenko I.V.²

¹ Dr. Sci. (Engineering), Full Professor. The Earth Science Museum at Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² Faculty of Foreign Languages and Area Studies at Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The article compares calculated data with geological data. It shows variations of the average latitude (for the geological period), the boundaries of the temperate and subtropical zones for the Northern Hemisphere in the Phanerozoic. It also provides variations of climatic zoning in the Early and Late Paleozoic. The article continues the development of Yu.V. Volkov and A.F. Chernyaev's ideas.

Keywords: climate, climatic factors, calculated data, climate zones, climate models

References:

1. Bouehn R. Paleotemperaturnyj analiz. L., Nedra, 1969, 208 p.
2. Veklich M.F. Problemy klimatologii. Kiev, 1987, 189 p.
3. Velichko L.A. red. Klimaty Zemli v geologicheskom proshlom. M.: Nauka, 1987, 230 p.
4. [Volkov Yu.V.], Rukin M.D., [Chernyaev A.F.] Nekotorye matematicheskie modeli paleoklimatologii. *Akademiya Trinitarizma*, M., no. 77-6567, publ.20707, 06.06.2015.
5. Volkov Yu.V. Tablicy i grafiki korotkoperiodnyh varia-cij geomorfologicheskogo polya dlya klimatologicheskikh issledovanij (po teorii loksodromii Zemli). *Dep. VINITI*, 1985, no. 2230, 320 p.
6. Volkov Yu.V. Solnechnaya aktivnost' i klimaticheskaya zonal'nost'. *Byull. MOIP, Otdel. geol.*, 1990, vol. 65, no. 3, pp.108-115.
7. Volkov Yu.V., Seslavinskij K.B., Yasamanov N.A. Ob izmeneniyah klimata v kembrii, ordovike, silure. *DAN USSR*, 1991, vol. 317, no. 6, pp. 1439-1442.
8. Volkov Yu.V. Klimaticheskie izmeneniya v triase, yure, melu. *DAN USSR*, 1994, vol. 335, no. 4, pp. 466-470.
9. Volkov Yu.V., Seslavinskij K.B., Yasamanov N.A. Ob izmeneniyah klimata v kembrie, silure. *DAN SSSR*, 1991, vol. 317, no. 5, pp. 1201-1205.
10. Golubchikov Yu.N. Global'nye katastrofy v istorii civilizacij. M.:Veche, 2005, 379 p.
11. Golubchikov YU.N., SHokarev S.YU. Universal'nyj atlas mira. 4-e izd. M.:AST, 2008, 312 p.
12. Drozdov O.A., Vasil'eva V.A., Kobysheva N.V. i dr. *Klimatologiya*. L.: Gidrometeoizdat, 1989, 568 p.
13. Zharkov M.A. Paleozojskie solenosnye formacii mira. M.: Nedra, 1974.
14. Monin A.S. Vvedenie v teoriyu klimata. L.: Gidrometeoizdat, 1982, 246 p.
15. Rukin M.D., [Volkov Yu.V.], Vinnik M.A. Prognoznye modeli klimatov planet. Empiricheskie znaniya o klimatah. *Klimat i priroda – Climate&Nature*, 2015, no. 3 (16), pp. 11-15.
16. Rukin M.D., [Volkov Yu.V.], Vinnik M.A. Prognoznye modeli klimatov planet. Imitacionnye i kineticheskie modeli. *Klimat i priroda – Climate&Nature*, 2015, no. 3 (16), pp. 16-25.
17. Rukin M.D., [Volkov Yu.V.], Vinnik M.A. Prognoznye modeli klimatov planet. Diagrammnaya tekhnika postroeniya i analiza modelej. *Klimat i priroda – Climate&Nature*, 2015, no. 4 (17), pp. 43-55.
18. Rukin M.D., [Volkov Yu.V.], Vinnik M.A. Prognoznye modeli klimatov planet. Modeli radiacionnogo balansa. *Klimat i priroda – Climate&Nature*, 2015, no. 4 (17), pp. 56-64.
19. Strahov N.M. Osnovy teorii litogeneza. M.: Izd-vo AN SSSR, 1960, vol. 1, 212 p.
20. Shkala geologicheskogo vremeni. U.B. Harlend i dr. M., 1985, 140 p.
21. Yasamanov N.A., Volkov Yu.V. Variacii klimaticheskoy zonal'nosti v pozdnem paleozoe. *DAN USSR*, 1991, vol. 317, no. 5, pp. 1196-1200.
22. Harland W.B., Armstrong R.L., Cox A.V. et al. A Geologic Time Scale. Cambridge Univ. Press, 1989.