

УДК 550.93

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ПАЛЕОТЕМПЕРАТУР ПО БЕЛЕМНИТАМ КАЛЬЦИЙ-МАГНИЕВЫМ МЕТОДОМ

Т. С. Берлин, А. В. Хабаков

Содержание. В статье излагаются результаты определения палеотемператур кальций-магниевым методом [8] по рострам белемнитов в верхнемеловых морях Русской платформы Крыма, Кавказа и Карпат. Обнаружилось региональное почти полное согласие в оценках палеотемператур морских бассейнов мелового периода по методу кальций-магниевого отношения и по данным изотопной палеотермометрии.

Публикуется серия палеогеографических карт-схем распределения температур в морях по векам мелового периода на территории европейской части СССР (от сеномана вплоть до маастрихта).

Отмечается вековое общее изменение обычных температур в морях Европейской России по времени от сеноманского к маастрихтскому и по месту в средних широтах с запада и юга на восток — юго-восток. Теплее всего в течение верхнемеловых времен были области морей, расположенные ближе к Атлантике (в Крыму и в Карпатах).

В статье рассматриваются дальнейшие перспективы применения кальций-магниевого метода по рострам белемнителл. Как мы считаем, этот простой химико-аналитический метод вполне подходит для предварительных серийных оценок обычного порядка температур среды обитания в морях геологических эпох по наилучше сохранным карбонатным скелетам беспозвоночных.

Была предпринята попытка установить, не является ли небольшая, медленно варьирующая на больших площадях, устойчиво меняющаяся с широтой первичная магниальность в кальций-карбонатных скелетных остатках некоторых характерных типично-морских групп беспозвоночных мезозойского возраста, показателем климатических условий, именно обычных температур прежней морской среды обитания. Ведь в настоящее время в открытых морях разных широт обычный состав вещества карбонатного скелета раковины одной и той же формы, например скорлупы современного морского ежа *Strongylocentrotus dröbachiensis* Löven, мало-помалу меняется прижизненно в направлении повышения процента содержания магния по мере повышения температур морской среды обитания.

Исходным критерием — стандартом сравнения результатов химико-аналитического способа оценки вероятных прежних температур в морях прошедших геологических эпох по данным отношения кальция и магния в карбонатных скелетах морских групп беспозвоночных — были избраны изотопные масс-спектрометрические определения отношения изотопов кислорода O^{18} и O^{16} , установленные по тем же самым месторождениям,

видам ископаемых организмов, пластам и даже по тем же самым эталонным образцам-пробам.

Крайне важную роль для этой нашей работы — возможность сравнения результатов изотопных масс-спектрометрических определений с нашими по эталонным пробам — мы получили благодаря любезному разрешению авторов исходных масс-спектрометрических исследований (А. П. Виноградов, Р. В. Тейс и Д. П. Найдин). Разумеется, сравнение проводилось с соблюдением независимости всех исходных данных.

В одних и тех же пробах вещества из образцов ростров белемнителлид верхнего мела по индексам отношения кальция и магния, как правило, были определены немного более высокие значения температур по сравнению со значениями палеотемператур, определенными в лабораториях ГЕОХИ упомянутыми авторами по данным отношения изотопов кислорода O^{18} и O^{16} . Расхождения численно невелики и варьируют в пределах от 0,7 до 2°,5 [8].

В данной работе рассматриваются результаты исследований большой серии (345) образцов ростров белемнойдеидей из различных сопоставимых стратиграфических горизонтов и ярусов мелового периода на территории европейской части СССР. Материалом для изучения в основном послужила большая палеонтологическая коллекция меловых белемнойдеидей, любезно предоставленная нам для аналитических испытаний Д. П. Найдиным (кафедра исторической геологии Московского университета).

Прежде чем приступить к серийным определениям содержания кальция и магния в составе вещества ростров белемнителлид и белемнитов по методике, описанной в работе Т. С. Берлин и А. В. Хабакова [8], необходимо было высказать, что представляет собой вещество ростров белемнителлид и насколько меняется кальций-магниевое отношение в частях одного и того же ростра (в конотеке, в приальвеолярной и в апикальной частях ростров). Были подвергнуты исследованию средние пробы вещества ростров белемнитов различными методами: рентгеноструктурным, затем определениям полос поглощения в инфракрасном диапазоне, а также термическим анализом. Полученные данные определяют, что карбонатное вещество изученных ростров белемнойдеидей нацело составляет маломагнезиальный кальцит с отчетливо заметными в поперечных срезах годичными и сезонными кольцами нарастания [7]. Кроме того, 48 образцов были подвергнуты полуколичественному спектральному анализу на 45 элементов.

Спектральные данные устанавливают, что кроме интересующих нас главных компонентов кальция и магния, составляющих в целом карбонатно-кальциевые ростры белемнойдеидей, в них постоянно присутствуют в незначительных долях и другие элементы, свойственные скелетным остаткам организмов моря: Si, Al, Fe, Ba, Ti, Pb, Mn, Ag, Cu, Na, S, Zr, Sr, Zn и P.

При проверке спектрограмм вещества ростров на Be, As, Sc, Sb, Hf, Ge, Cr, Tl, U, Th, Te, Ta, Ga, W, Nb, In, Bi, V, Mo, Sn, Ce, Li, La, Cd, Ni, Co и K были получены отрицательные результаты.

Содержание компонентов, нерастворимых в 2%-ном растворе HCl, по данным химического анализа составляет для большинства исследуемых образцов обычно всего до 1%, и лишь в 30 рострах белемнойдеидей из 345 нерастворимый остаток оказался значительно более обильным, при этом варьирующим в единичных случаях до 10 и даже до 35%, где приходится подозревать заметное окремнение. По спектральным данным было установлено, что процентное содержание кремния в рострах колеблется обычно всегда от 0,01 до 1%; повышенная же концентрация крем-

ния (выше 10%) была отмечена в образцах, отличающихся аномально большим нерастворимым остатком.

Содержание Al, Fe, Mn и Na во всех проанализированных образцах колеблется в одних и тех же пределах 0,003—0,1%. Для стронция (Sr) пределы колебаний выражаются для большинства образцов 0,1—0,3, а в нескольких образцах до 0,3—1%.

Такие элементы, как Pb, Ag, Cu, Zn, Zr, S, Ba, P и Ti, обнаружены только в некоторых анализируемых рострах белемноидей, их содержание бывает не свыше тысячных долей процента. Так, свинец выявлен только в обр. 6393-2 (*Neohibolites ultimus* Orb.) в количестве 0,001%, обр. 826 (*Goniot euthis quadrata* (Blainv.) содержит 0,001% Ag, обр. 6106 (*Belemnitella mucronata* Arkhangelsky) и обр. 6103 (*Belemnitella lanceolata* Schloth.) содержит 0,001% Y, в обр. 6198/12 (*B. lanceolata*) обнаружено 0,001% Zr. Здесь мы не останавливаемся на характере таких исключительных местонахождений, желая лишь указать, что упомянутые редкие находки возможно могут представлять интерес с точки зрения местной рудоносности и, кроме того, существенны как показатель широкого варьирования, очевидно, вторичных непостоянных примесей.

В различных частях ростров *Belemnitella mucronata senior* Nowak (в конотее, в приальвеолярной и апикальной частях) в обр. 6106 и обр. 6198/13 (*B. lanceolata* Schloth.) обнаружено, кроме того, присутствие Ti в количестве 0,003—0,08%. В образцах 931-1 (*Actinocamax verus laevigatus* Arkhangelsky) и 547 (*Belemnitella* sp.) содержание Ti составляет 0,01—0,03%. Возможно, что повышенная примесь титана появляется в рострах в связи с глинистым веществом.

Содержание бария (Ba) в количестве 0,01% выявлено для обр. 382/1 (*Goniot euthis lundgreni excavata* Sinz.) и 6106 (*Belemnitella mucronata senior* Nowak).

Отмечается еще редкостное наличие Zn (0,1%) в обр. 6393-2 (*Neohibolites ultimus* Orb.).

Качественная реакция на присутствие фосфора, проведенная нами с применением очень чувствительного реактива — молибдата аммония ((NH₄)₂MoO₄), показала, что в обр. 6393-2, а также в обр. 6106 (*Belemnitella mucronata senior* Nowak) и 6103 (*Belemnitella lanceolata* Schloth.) наблюдаются следы фосфора.

Выявить какие-либо устойчивые закономерности в изменении ряда примесей элементного химического состава в рострах белемноидей в зависимости от их геологического возраста, от биологического вида и местонахождения на основании данных спектральных анализов нам не удалось (кроме упомянутых предварительных замечаний).

Результаты исследования кальций-магниевым методом 345 образцов ростров руководящих форм верхнемеловых белемноидей лучшей сохранности показали, что в проанализированных сериях образцов карбонатных органических остатков (из слоя каждого возрастного яруса определялись весьма значительные серии образцов), происходящих из хорошо известных мест и горизонтов верхнемеловых отложений в европейской части СССР, в областях с давно изученной стратиграфической, фациальной и экологической характеристикой, небольшая магниальность в кальцитовых рострах белемнителлид и других белемноидей меняется весьма постепенно и довольно закономерно в масштабе регионов в связи с широтой места (в одном горизонте).

Постепенное изменение во времени средней величины кальций-магниевого отношения по совокупностям испытанных образцов ростров белемнителл, суммарно по каждому возрастному уровню (ярусу верхнего мела) показано на рис. 1. Вековой ход изменения средних величин каль-

ций-магниевого отношения по ярусам из большого числа исследуемых образцов показывает, что более значительная магнизиальность ростров распространена в слоях сеноманского яруса, а наиболее низкая — в отложениях маастрихта.

Наиболее наглядно разнообразие значений индексов отношения кальция к магнию в известковом (кальцитовом) веществе ростров верхнемеловых белемнойдей можно проследить на палеогеографических картах эпох позднего мела — сеноманского¹, туронского, коньякского, сантонского, кампанского и маастрихтских веков (рис. 2, 3, 4, 5, 6, 7).

Местонахождения показаны на картах в виде кружков. Если кружок состоит только из двух кольцевых зон — а именно из внутренней сердцевинной круга (первой) и сверх того заштрихованной внешней кольцевой зоны — это означает, что из данного местонахождения анализировались только единичные образцы. Если же число изученных образцов из какого-либо региона было больше трех, то кружок делится на три концентрические зоны. Во внутренней незаштрихованной зоне кружков дается цифра, объяснение которой приводится в подрисунковом тексте; промежуточная (вторая) зона кружка разделена на сегменты, различно заштрихованные. Размер та-

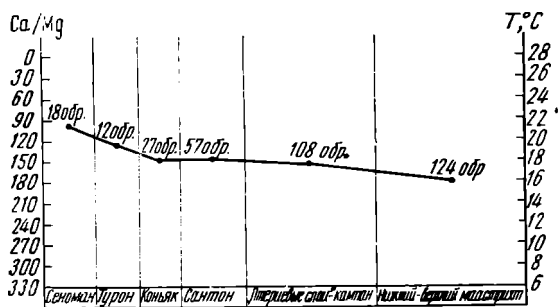


Рис. 1. Вековое изменение средних значений отношения Ca/Mg в рострах белемнителлид из разных ярусов верхнего мела Русской платформы. Условный масштаб времен седиментации взят по мощностям верхнего мела в районе с. Пачелма — г. Ульяновск, по А. Д. Гуровой, 1954

ких сегментов зависит от пропорционального числа образцов, имеющих определенный интервал кальций-магниевого отношения, что и обозначается соответствующей штриховкой. Во внешней (третьей) зоне кружка штриховка соответствует средней величине отношения кальция к магнию всех исследованных в данном районе месте образцов. Кроме того, на картах помещены значки в виде термометров, на которых помечена температура в градусах, вычисленная Р. В. Тейс, Д. П. Найдиным и другими по результатам определений отношения изотопов кислорода O^{18}/O^{16} [10, 11]. На значке-термометре показана средняя величина палеотемпературы для всех образцов из данного района.

В условных обозначениях на картах указывается различие штриховки, соответствующие ступеням интервалов значений отношения Ca/Mg к эквивалентным изотопным значениям температур.

Обратимся к выводам о региональных различиях палеотемператур, показанным на прилагаемых палеогеографических картах.

Сеноманский век (рис. 2). В коллекции ростров белемнойдей из слоев сеноманского века мы располагали достаточным количеством образцов и определений из областей Крыма и Западной Украины. По другим образцам с выходами морских сеноманских слоев в нашем распоряжении были только единичные образцы, где соответственно пока-

¹ Палеогеографические границы для сеноманского яруса взяты по «Атласу литолого-палеогеографических карт Русской платформы»; палеогеографические границы для туронского, коньякского, сантонского, кампанского и маастрихтских веков даны по Д. П. Найдину [11].

заны единичные индексы. Тем не менее из карты видно, что в сеномане существенных колебаний значений отношения Ca/Mg не отмечается, несмотря на обширность районов распространения, расположенных в разных широтах. Величина отношения Ca/Mg в рострах из сеноманских отложений, как правило, более низкая (в пределах 80—100), чем в других геологических горизонтах верхнего мела.

Температурные оценки среды обитания белемноидей времен сеномана, полученные по изотопам кислорода, имеются по районам Крыма

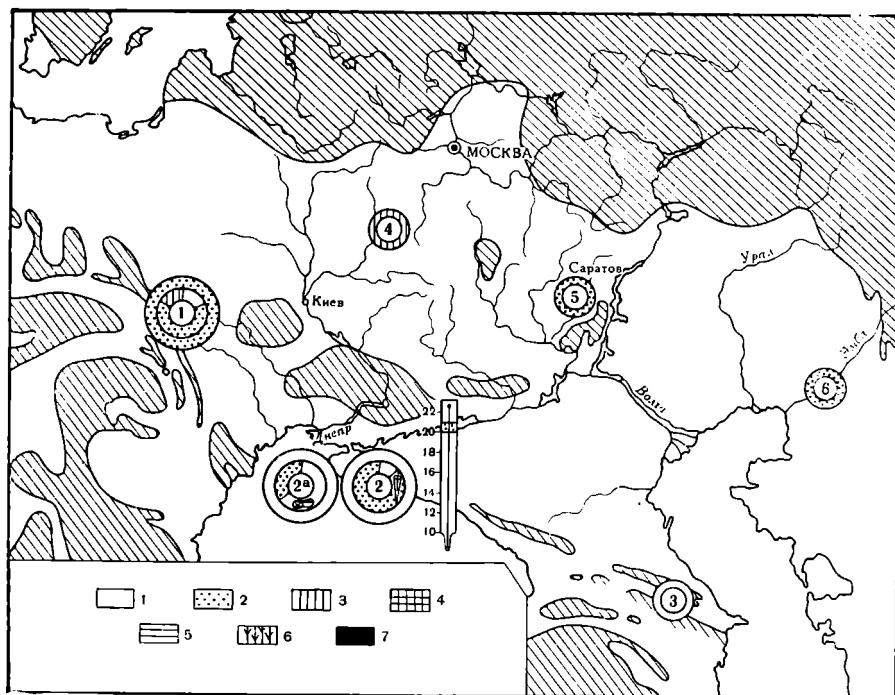


Рис. 2—7. Результаты определения температур по отношению Ca/Mg (данные Т. С. Берлин и А. В. Хабакова) и по отношению изотопов кислорода O^{18}/O^{16} (данные Р. В. Тейс, Д. П. Найдина и др.).

Условные обозначения к рис. 2—7. Кальций-магниевое отношение и температура: 1—до 90, 22° и выше; 2—90—120, $22-20^\circ$; 3—120—150, $20-18^\circ$; 4—150—180, $18-16^\circ$; 5—180—210, $16-14^\circ$; 6—210—240, $14-12^\circ$; 7—240 и выше, 12° и ниже

Рис. 2. Сеноманский век

Районы отбора образцов (цифры в кругах на рисунках) и отношение Ca/Mg : 1—Западная Украина, 6 обр., 102, 20; 2—Крым, 8 обр., 89, 33; 2а—Крым, 17 обр. (порода), 83, 80; 3—Кавказ, 1 обр., 77, 36; 4—Брянская обл., 1 обр., 134, 38; 5—р. Медведица, 1 обр., 106, 48; 6—р. Эмба, 1 обр., 104, 16

и Брянска; средние температуры на мелководье среди сеноманского моря в Крыму по нескольким определениям соответствовали $19^\circ,5$, а в районе Брянска — $16^\circ,7$.

По величине отношения Ca/Mg можно сказать, что везде в европейской части СССР сеноманское море было теплым, температуры определяются устойчиво в интервале от $19,1$ до $22^\circ,6$.

Туронский и коньякский века (рис. 3). Определения магнезиальности и эквивалентных температур по кальций-магниевому отношению в рострах белемнителлид из туронских и коньякских отложений совмещены на одной карте-схеме. Возрастные индексы (t, sp) указывают,

к какому возрастному уровню (ярусу) относятся исследованные образцы. Из туронских и коньякских отложений было проанализировано несколько большее число образцов в различных районах, чем из сеноманского яруса.

Как и в сеномане, отношение Ca/Mg на всей площади распространения морских туронских и коньякских отложений мало колеблется, примерно в одних и тех же пределах, но выше, чем для сеноманского века. Для большинства образцов туронских и коньякских отложений эта ве-

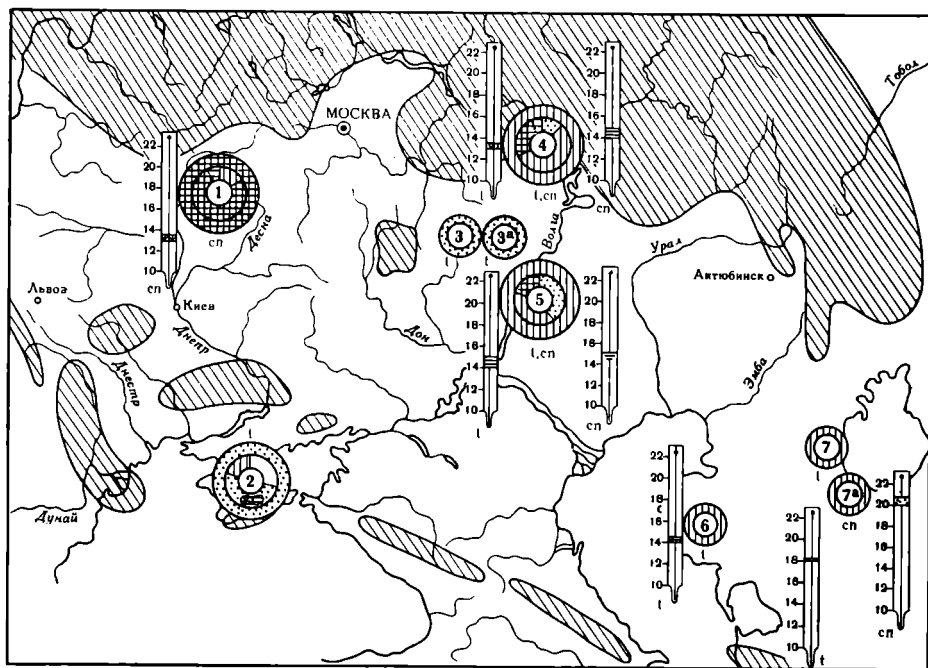


Рис. 3. Туронский и коньякский века

Районы отбора образцов и отношение Ca/Mg: 1 — Могилевская обл., р. Сож, 12 обр. (порода), 160, 11; 2 — Крым, 12 обр., 103, 13; 3 — р. Медведица, 1 обр., 97, 47; 3а — р. Медведица, 1 обр., 116, 00; 4 — Ульяновская обл., 16 обр., 138, 86; 5 — Саратовская обл., 5 обр., 123, 94; 6 — Мангышлак, 1 обр., 122, 90; 7 — Аральское море, 1 обр., 139, 86; 7а — Аральское море, 1 обр., 139, 86

личина изменяется в пределах от 100 до 140. Более высокие значения отношения Ca/Mg свидетельствуют в обратной связи о некотором понижении температур в морях этих времен (по сравнению с сеноманским морем).

Интервал колебаний температур, вычисленных по кальций-магниевому отношению, составляет для образцов из большей части туронских и коньякских горизонтов 17,1—21°,5; температура, полученная масспектрометрическим методом, колеблется от 13 до 18°; два образца (коньяк) из района п-ова Муйнак (Аральское море) показали в среднем температуру около 20°,7.

Сантонский век. На рис. 4 указаны изученные образцы ростворов белемнитов из сантонского века. Эти образцы распределены почти по всей площади распространения сантонских слоев на юге европейской части СССР.

Значения кальций-магниевых отношений в образцах ростворов белемнителлид из района Львова и из Крыма несколько меньше (98—110),

т. е. соответственно температуры выше, чем в рострах белемнителл, определенных из других районов сантонских слоев. Среднее значение кальций-магниевого отношения образцов сантонских белемнителлид из Черниговской, Курской, Белгородской, Ульяновской, Саратовской, Актюбинской областей и Богучара составляет 120—150, т. е. температуры соответственно ниже (18—20°).

Таким образом, для большей части площади распространения моря сантонского времени намечается господство умеренных температур и

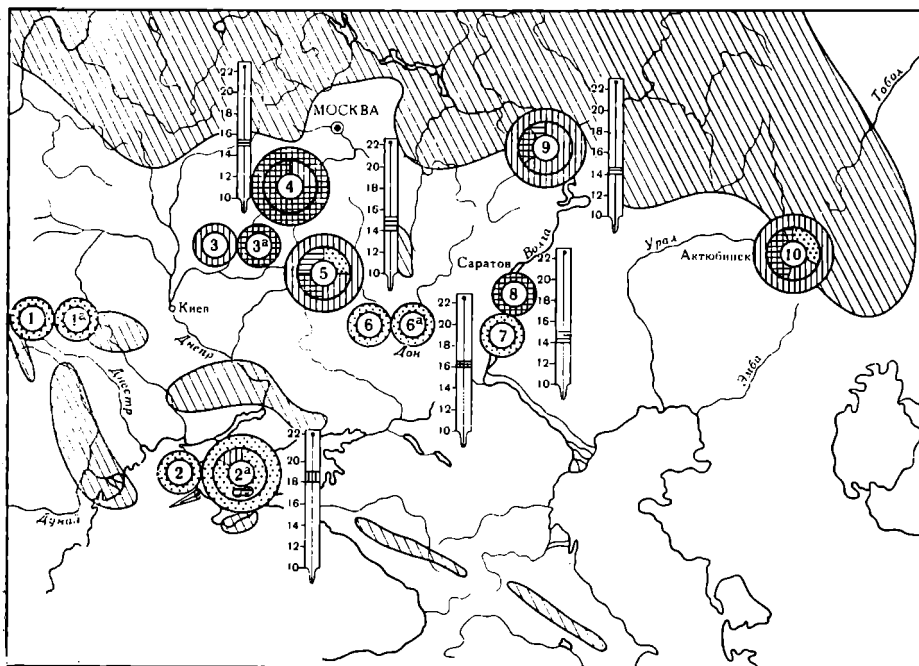


Рис. 4. Сантонский век

Районы отбора образцов и отношение Са/Мг: 1—Западная Украина, 1 обр., 108, 03; 1а—Западная Украина, 1 обр., 98, 12; 2—Крым, 1 обр., 110, 22; 2а—Крым, 6 обр. (порода), 111, 7; 3—Черниговская обл., 1 обр., 127, 09; 3а—Черниговская обл., 1 обр., 158, 40; 4—Курская обл., 4 обр., 158, 06; 5—Белгородская обл., 4 обр., 148, 21; 6—Богучар на Дону, 1 обр., 119, 25; 6а—Богучар на Дону, 1 обр., 94, 20; 7—Обольяниновка на Волге, 1 обр., 99, 46; 8—Саратовская обл., 1 обр., 150, 61; 9—Ульяновская обл., 20 обр., 145, 40; 10—Актюбинская обл., 19 обр., 140, 24

несколько ниже, чем в туроне и сеномане; лишь в двух районах (Львов и Крым) отмечены более высокие температуры, где в течение ряда времен и по палеобиологическим данным сказывалась близость теплых течений Мезо-Атлантики. Интерпретация климатических особенностей сантонского времени по кальций-магниевому отношению, как видно, не противоречит значениям температур, полученным по изотопам кислорода O^{18}/O^{16} .

Кампанский век («птериевые слои», рис. 5). В области распространения морских нижнекампанских («птериевых») и верхнекампанских слоев, как и в сантоне, было аналитически определено довольно большое количество ростов белемнителл из различных мест.

Температуры, подсчитанные обратно пропорционально индексам кальций-магниевого отношения по районам Западной Украины, Крыма,

Саратова и Ульяновска (рис. 1, 2, 5, 7) примерно равны $18,0-20^{\circ}$; для остальных частей бассейна температуры колеблются в пределах $16-18^{\circ}$. По изотопным отношениям в рострах обычные температуры в кампанском горизонте находятся в пределах $15,5-18^{\circ},6$. Наиболее низкие значения палеотемператур ($12-15^{\circ}$) отмечены в районе Актюбинска («птериевые слои»), вычисленные как по отношению Ca/Mg , так и по изотопам кислорода.

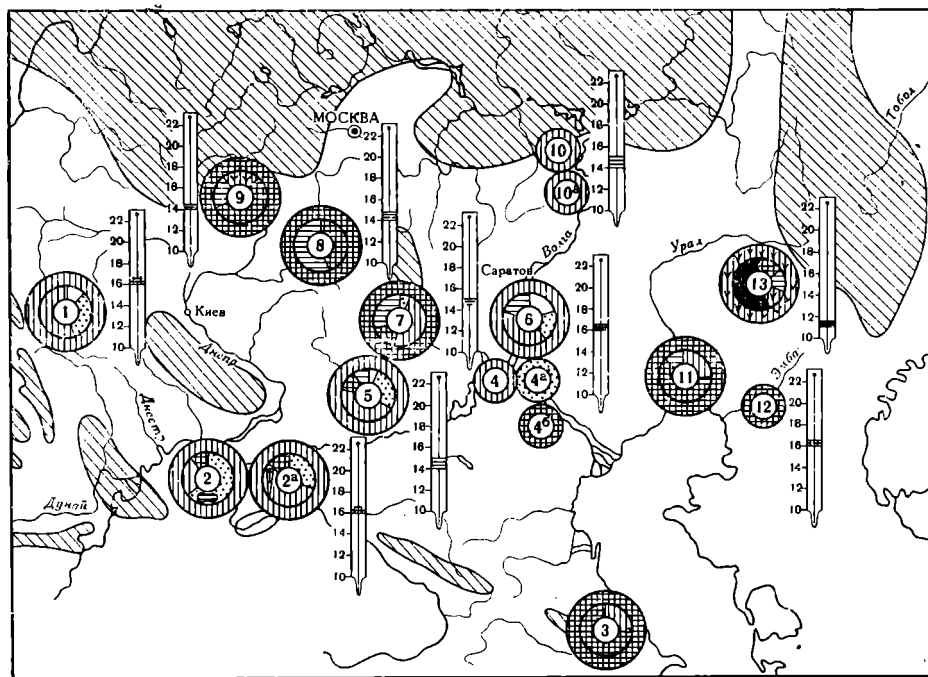


Рис. 5. Кампанский век

Районы отбора образцов и отношение Ca/Mg : 1—Западная Украина, 9 обр., 121, 21; 2—Крым, 8 обр. (порода), 120, 50; 2а—Крым, 7 обр., 124, 61; 3—Кавказ, 4 обр., 149, 02; 4—р. Волга, 1 обр., 140, 46; 4а—Поволжье, 1 обр., 158, 20; 4б—р. Волга, 1 обр., 94, 54; 5—Донецкий бассейн, 18 обр., 134, 05; 6—Саратовская обл., 5 обр., 131, 69; 7—Богучар на Дону, 17 обр., 131, 69; 8—Белгородская обл., 9 обр., 178, 45; 9—Черниговская обл., 9 обр., 174, 73; 10—Тушна на Волге, 1 обр., 127, 83; 11—Гурьевская обл., 8 обр., 159, 35; 12—р. Эмба, 1 обр., 157, 52; 13—Актюбинская обл., 7 обр., 227, 20

Среднее значение кальций-магниевого отношения для 6 образцов, равное $195 (15^{\circ})$, установлено в образцах из района Северного Предуралья с р. Сыни (низовья Оби). Данные по этому району на карту не нанесены.

Нижнемаастрихтское время (рис. 6). Данные по отношению Ca/Mg в течение нижнемаастрихтского времени не были однородными по всей площади. На юге европейской части СССР намечается явная тенденция к увеличению этих значений среди морского мелководья с запада на восток, что соответственно говорит о более прохладном приморском климате в областях, дальше распространенных от Средиземного моря и от Атлантики.

Относительно низкие величины кальций-магниевого отношения (примерно 128), соответственно указывающие на более теплые области моря, установлены в образцах из районов Западной Украины. В Чернигов-

ской и Луганской областях (данные по Луганской области и по Донецкому бассейну суммированы вместе) следует признать наличие некоторого увеличения индексов кальций-магниевого отношения (152—160), иначе — региональное понижение первичной магнезиальности, а стало быть, и обычных температур.

Дальше к востоку отношение Ca/Mg растет и достигает порядка 170—220, что указывает на дальнейшее регионально устойчивое пони-

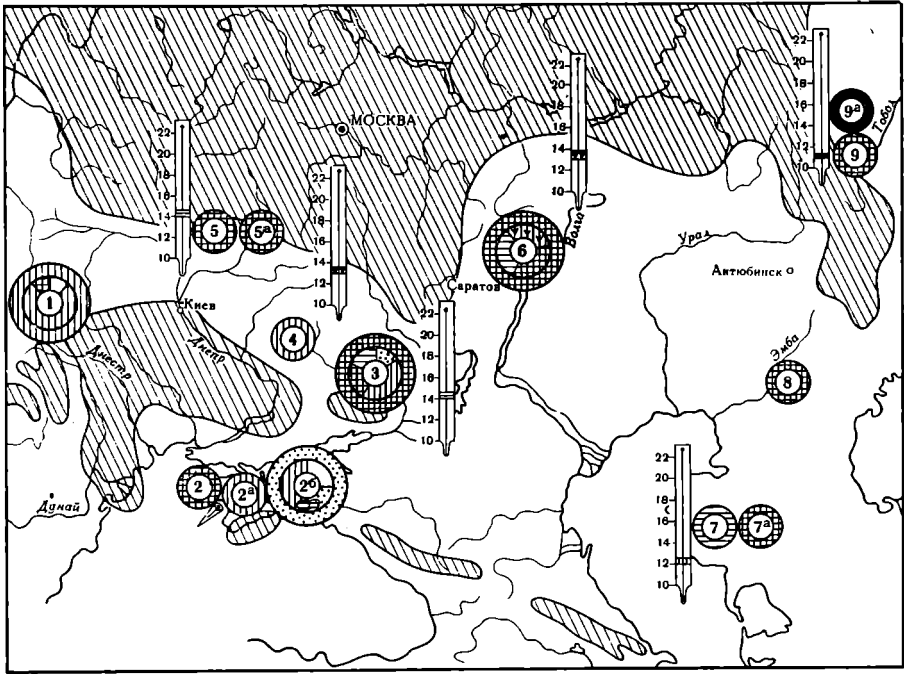


Рис. 6. Нижнемастрихтское время

Районы отбора образцов и отношение Ca/Mg: 1 — Западная Украина, 8 обр., 128, 63; 2 — Крым, 1 обр., 157, 50; 2а — Крым, 1 обр., 130, 24; 2б — Крым, 1 обр. (порода), 110, 4; 3 — Луганская обл., + Донецкий бассейн, 21 обр., 152, 06; 4 — Харьковская обл., 1 обр., 121, 70; 5 — Черниговская обл., 1 обр., 158, 25; 5а — Черниговская обл., 1 обр., 160, 83; 6 — Саратовская обл., 9 обр., 173, 50; 7 — Мангышлак, 1 обр., 197, 40; 7а — Мангышлак, 1 обр., 158, 2

жение первичной магнезиальности в составе карбонатного вещества ростров белемнойдей и соответственно более низкие обычные температуры в областях морского мелководья.

К сожалению, еще нет данных об абсолютных температурах, определенных масс-спектрометрически, по Западной Украине. Для других областей этой же полосы распространения моря (в Крыму, в Донецком бассейне, Черниговской, Саратовской областях, на Мангышлаке и в Тургайском проливе, близ г. Кустаная), температуры, видимо, менялись в сторону понижения от 11,4 до 14,7. Температуры, вычисленные по величинам кальций-магниевого отношения, для большей части территории колеблются в пределах 11,5—17,3, т. е., как обычно, разница в температурах, определенных по отношению изотопов O^{18}/O^{16} и по отношению Ca/Mg, варьирует от 1 до 2°,5.

Верхнемастрихтское время (рис. 7), как и нижнемастрихтское, характеризуется изменчивостью значений отношения Ca/Mg в

разных частях полосы распространения позднемелового моря на юге европейской части СССР.

Наиболее заметная регионально устойчивая магнезиальность, следовательно, самая теплая область моря, отмечается опять-таки на западе (в Западной Украине) и на юге (в Крыму и на Кавказе). Анализы ростров белемнителл из более восточных областей вдоль южнорусской полосы позднемелового моря показывают, что содержание магния в них ста-

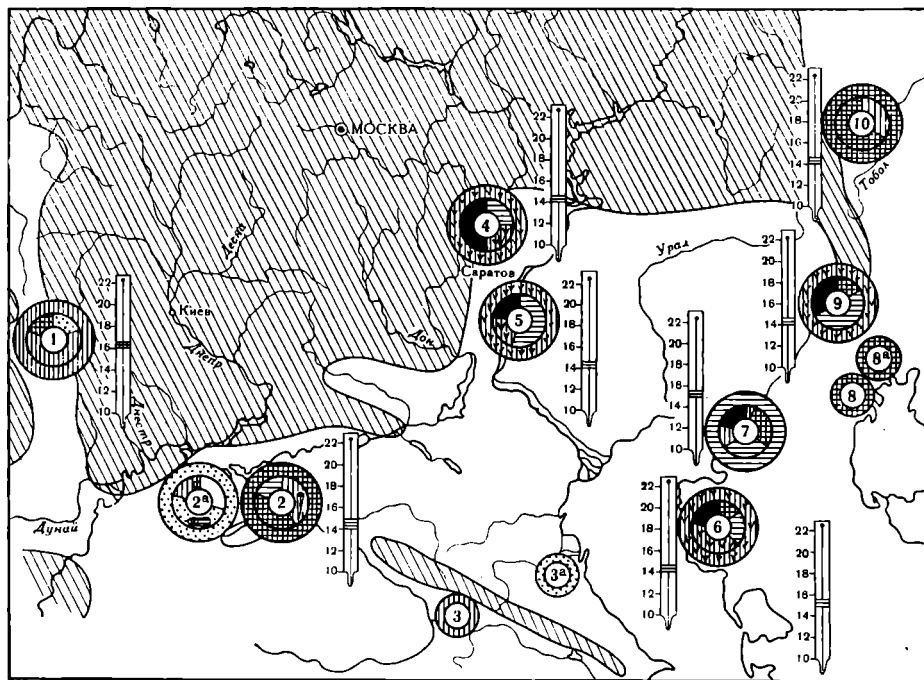


Рис. 7. Верхнемаастрихтское время

Районы отбора образцов и отношение Ca/Mg : 1—Западная Украина, 5 обр., 131, 90; 2—Крым, 5 обр., 157, 60; 2а—Крым, 39 обр. (порода), 104, 90; 3—Кавказ, 1 обр., 130, 76; 3а—Кавказ, 1 обр., 114, 00; 4—Пензенская обл., 4 обр., 229, 3; 5—Саратовская обл., 9 обр., 215, 10; 6—Мангышлак, 14 обр., 213, 60; 7—р. Эмба, 23 обр., 200, 10; 8—Аральское море, 1 обр., 157, 57; 8а—Аральское море, 1 обр., 164, 70; 9—район г. Тимура, 6 обр., 219, 30; 10—Кустанайская обл., 6 обр., 161, 20

повится меньше, иными словами, индексы отношения Ca/Mg больше, чем в образцах из областей Западной Украины и Крыма, следовательно, приморские климаты к востоку — юго-востоку были в маастрихте прохладнее. Для Пензенской, Саратовской областей, Мангышлака, района Эмбы, района г. Тимура обоими независимыми методами (по кальций-магниевому отношению и по изотопам $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$) получены одинаковые интервалы температур $13,4\text{—}15^\circ$.

Из всего сказанного и приведенного на литолого-палеогеографических картах материала совершенно ясно видны признаки постепенного изменения в одном климатическом поясе приморских климатов верхнемеловых широт в сторону похолодания на восток — юго-восток, по мере приближения к обширной сибирской суше.

Для наглядности на рис. 8 дополнительно показано региональное в одном поясе широт изменение индексов кальций-магниевого отношения в

образцах ростров белемнойдей сопоставимых возрастных уровней из более западных и более восточных-юго-восточных областей европейской части СССР. На рис. 8 приняты во внимание и сопоставлены данные из следующих регионов: Западной Украины, Крыма, Саратовской области, Эмбы и Мангышлака.

Характер кривых хода температур во времени в Крыму и в Западной Украине мало изменяется на протяжении последовательных времен

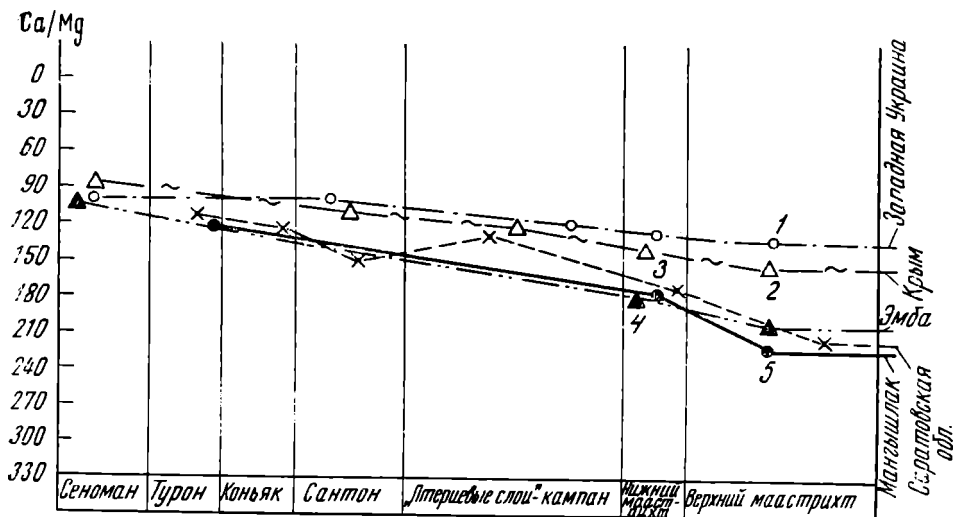


Рис. 8. Изменение средних температур (по отношению Ca/Mg) в рострах белемнител-лид из сравнимых горизонтов разрезов верхнего мела Западной Украины (1), Крыма (2), Поволжья (3), Прикаспия (4), (5). Увеличение индексов (вниз) обратно веро-
оятным температурам (вверх по ординате)

верхнемеловой эпохи. Между тем в значительно более восточных районах Прикаспия (в Саратовской области, на Эмбе и на Мангышлаке) более высокие значения магнизиальности в течение времени в сенманском, туронском и коньякских веках постепенно снижаются, причем минимальное значение по маастрихтским уровням там существенно отличается от обычного на западе.

Эти региональные кривые различий эволюции климатов в течение времен верхнего мела подтверждают существование регионов, аномальных по климату (с одной стороны, на юго-востоке в Саратовской области, на Эмбе и на Мангышлаке и, с другой — в Львовской области на западе), с преобладанием более низкой и более высокой магнизиальности в едином морском бассейне одного и того же возраста (в маастрихте и в кампане), что должно отвечать региональным различиям обычных температур на мелководье.

Такое различие, устойчивое по месту и времени, естественно наводит на мысль о значительном региональном влиянии на приморские климаты тех времен той или иной удаленности места от более теплых морей, теплых течений, теплых атмосферных потоков или соответственно о значении приближения к центрам обширных областей древней суши (с их обычно суровым воздействием на климаты средних широт).

Кроме систематических определений магнизиальности в кальцитовых скелетах белемнойдей и ряда других групп беспозвоночных, характерных для разрезов верхнего мела европейской части СССР, нами также был послойно изучен опорный разрез верхнемеловых известняков

Горного Крыма (в Бахчисарайском районе), состоящих из сплошных скальных выходов сеноманских, туронских, сантонских, кампанских и маастрихтских отложений. Здесь отсутствуют и не могли быть изучены лишь пласты коньякского яруса. Целью этого дополнительного исследования бахчисарайского разреза в Крыму было последовательное сравнение индексов отношения Ca/Mg , руководящих органических остатков с такими же показателями вмещающих известковистых и мергельных пластов. Такое сравнение было необходимо произвести, чтобы получить независимые данные по вопросу о взаимосвязи химических индикаторов состава карбонатного вещества морских организмов и окружающей их среды седиментации, что впервые было намечено еще в работах С. Ландергена [12].

Принимая во внимание, что вмещающие пласты известняков в разрезе верхнего мела Бахчисарая преимущественно органогенные, о чем согласно свидетельствуют изобилие органических остатков (данные Д. П. Найдина) и характер их электрокинетических потенциалов [2, 3, 4, 5, 6], нами была сделана попытка систематически сопоставить данные по кальций-магниевому отношению из самих образцов вмещающих известняков с климатическими оценками по отношению Ca/Mg из ростров белемнителлид в тех же выходах и пластах; а также и с изотопными оценками — палеотемпературами, полученными по данным масс-спектрометрических определений в лаборатории А. П. Виноградова (по изотопному отношению $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$ для верхнемеловых карбонатных органических остатков из этих же отложений и тех же самых пластов, мест и эпох верхнего мела).

Значения отношения Ca/Mg в исследованных пластах и пачках известняков нанесены на литолого-палеогеографические карты для всех изученных горизонтов разреза верхнего мела, где еще помещены и данные по отношению Ca/Mg в рострах белемнителлид, а также изотопные температуры.

Поскольку данные по результатам исследования ростров белемнителл и вмещающих пластов известняков представлены на чертежах в виде кружков, то для ясности данные, относящиеся к органическим остаткам, и данные о составе вмещающих пластов сопровождаются соответствующим изображением значка-ростра белемнителлы, или — для пород — литологическим знаком известняков (см., например, рис. 2, 3 и др.).

Из рис. 2, 3, 4, 5, 6, 7 видно, что величины кальций-магниевого отношения, полученные и для пород и для ростров белемнитов в одной пачке, в пласте колеблются в одних и тех же определенных градациях или интервалах, причем никаких существенных расхождений между ними в изученном разрезе близ Бахчисарая не наблюдалось.

Выводы

1. Сравнение серийных определений индексов кальций-магниевого отношения с данными масс-спектрометрических исследований по отношению изотопов кислорода ($\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$) в рострах белемнителлид верхнемеловой эпохи показало почти полное соответствие результатов применения обоих независимых методов палеотермометрии. Отмечаются одни и те же закономерности изменений, а именно преобладающее понижение обычных температур в течение верхнего мела по времени от сеноманского к маастрихтскому и по месту в средних широтах в европейской части СССР по направлению с запада и юга на восток — юго-восток.

2. Отмечается соответствие средних значений кальций-магниевого отношения в рострах белемнителл и во вмещающих пластах известняков среди нескольких изученных разрезов меловых отложений в Крыму.

Наши данные подтверждают аналогичные заключения С. Ландергрена [12] о соответствии сдвигов изотопного отношения в разрезах карбонатных пластов параллельно с изменениями фациальной среды седиментации. Но поскольку таким способом нами был изучен лишь один район с несколькими опорными разрезами, делать какие-либо окончательные заключения по такому частному вопросу еще преждевременно. Дальнейшие исследования с тщательным выбором объектов наилучшей сохранности, возможно, позволят составить предварительные литолого-фациальные карты с изотермами для областей распространения нормально-морских карбонатных отложений различных геологических эпох, переходя, конечно, от изучения молодых к более древним сериям и временам.

Авторы выражают сердечную благодарность А. П. Виноградову, Д. П. Найдину и Р. В. Тейс за разрешение параллельно изучить эталонные пробы, определенные ими масс-спектрометрически, за предоставленную коллекцию ростров белемноидей, за постоянное содействие, многочисленные полезные дискуссии и критические замечания по ходу дела в процессе осуществления нашей работы.

Мы признательны и нашим младшим помощникам: Н. И. Солнцевой, А. И. Морозовой и Л. А. Богановой.

Перечень родов и видов белемноидей, по которым даны оценки кальций-магниевого отношения и палеотемператур²

Сеноман (рис. 2). *Actinocamax primus* (4), *Neohibolites ultimus* (1, 2, 3), *Parahibolites tourtiaie* (1), *P. cf. primus* (6), *P. plenus crassus* (5).

Турон (рис. 3). *Actinocamax antefragilis* (4), *A. plenus* (6), *A. plenus crassus* (3^a), *A. plenus triangulus* (4), *Actinocamax sp.* (4, 7), *Goniocamax intermedius* (6), *Paractinocamax plenus triangulus* (4), *P. plenus crassus* (3).

Коньяк (рис. 3). *Actinocamax lundgreni* (2), *A. verus fragilis* (4), *A. verus subfragilis* (4), *Goniocamax cf. intermedius* (5), *Goniot euthis lundgreni excavata* (4), *G. lundgreni lundgreni* (1), *G. mujnakensis* (7^a).

Сантон (рис. 4). *Actinocamax cf. verus* (1), *A. grossouvrei pseudotoucasi* (9), *A. verus* (1^a), *A. verus fragilis* (9, 7), *A. verus* (1), *Actinocamax sp.* (9), *A. verus verus* (9), *Belemnitel!a aff. praecursor* (3), *B. cf. propinqua* (9), *B. mucronata* (5), *B. praecursor* (3, 4, 5, 9, 20), *B. praeprecursor* (4, 5), *B. propinqua* (1, 9), *B. rylskiana* (4), *Belemnitella sp.* (10), *Goniocamax uliicus* (10).

К а м п а н, «птериевые слои» (рис. 5). *Actinocamax cf. verus* (3, 13), *A. verus laevigatiformis* (13), *A. verus laevigatus* (7, 8), *Belemnelloamax mammillatus* (6), *B. mammillatus volgensis* (4), *Belemnitella aff. langei* (2^a), *B. aff. mucronata* (2^a, 3, 1), *B. cf. langei* (3, 5), *B. langei* (2^a, 1, 9, 8, 5, 11, 12), *B. langei* (1), *B. mucronata* (2^a, 9, 5, 7, 10, 6, 4^b), *B. mucronata* (5, 4^a), *B. mucronata senior* (7), *B. praecursor* (7, 13), *B. pseudolanceolata* (8), *Gon. cf. quadrata* (1, 7), *Goniot euthis quadrata* (7, 1, 5), *G. quadrata Blv.* (5), *Goniot euthis sp.* (7), *Paractinocamax grossouvrei pseudoalfridi* (13).

² Цифры указывают районы, из которых были использованы образцы (см. палеогеографические карты).

Нижний маастрихт (рис. 6). *Belemnella* aff. *licharewi* (3), *B.* aff. *sumensis* (1), *Belemnitella* cf. *desnensis* (3), *B.* cf. *lanceolata* (9), *B. desnensis* (4), *B. lanceolata* (1, 2^a, 5, 3, 6, 7, 7^a, 8, 9^a), *B. lanceolata* (1), *B. nowaki* (3), *Belemnitella* sp. (1).

Верхний маастрихт (рис. 7). *Belemnitella* aff. *arkhangelskii* (5, 8), *B. arkhangelskii* (2, 4, 5, 6, 7, 9, 10), *B.* cf. *americana* (3), *B. nowaki* (1), *B. nowaki* (1), *Belemnitella* sp. (3^a, 8^a).

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас литолого-палеогеографических карт Русской платформы и ее геосинклинального обрамления, ч. II. М., Гостеолтехиздат, 1961.

2. Берлин Т. С. Исследование физико-химических свойств карбонатных пород палеогенового возраста западной части Средней Азии. «Мат-лы палеогеографии и литологии». «Тр. ВСЕГЕИ», 1967.

3. Берлин Т. С., Хабаков А. В. Исследование некоторых физико-химических свойств карбонатных пород с целью определения условий их образования. ДАН СССР, 1960, т. 130, № 2.

4. Берлин Т. С., Хабаков А. В. О различиях электрокинетических потенциалов карбонатных осадочных горных пород различного генезиса и состава. «Геохимия», 1961, № 3.

5. Берлин Т. С., Некрасова О. И. Применение физико-химических методов для изучения карбонатных горных пород в литологической лаборатории ВСЕГЕИ. «Бюл. научн.-техн. информации» (Всес. ин-т мин. сырья), 1962, № 5—6.

6. Берлин Т. С., Хабаков А. В. Методика и результаты определения электрокинетических потенциалов карбонатов в осадочных породах. Физические методы исследования осадочных пород и минералов. М., Изд-во АН СССР, 1962.

7. Берлин Т. С., Хабаков А. В. К вопросу о минералогическом составе ростров верхнемеловых белемнитов. «Геохимия», 1966, № 12.

8. Берлин Т. С., Хабаков А. В. Химико-аналитические определения отношения кальция и магния в рострах белемнитов, как метод оценки температур среды обитания в морях мелового периода СССР. «Геохимия», 1966, № 11.

9. Берлин Т. С., Хабаков А. В. О магнезиальности кальцитовых ростров белемнителлид, как показатель температур среды обитания в морях мелового периода СССР. «Мат-лы годичн. сес. уч. совета ВСЕГЕИ 5—9 мая 1967 г.». Стратиграфия и палеогеография, 1967.

10. Найдин Д. П., Тейс Р. В., Задорожный И. К. Некоторые новые данные о температурах маастрихтских бассейнов Русской платформы и сопредельных областей по изотопному составу кислорода в рострах белемнитов. «Геохимия», 1964, № 10.

11. Тейс Р. В., Найдин Д. П., Задорожный И. К. Определение верхнемеловых температур Русской платформы и некоторых других областей СССР по изотопному составу кислорода органического кальцита. «Пробл. геохимии, юбил. сб. посвящ. 70-летию акад. А. П. Виноградова». М., «Наука», 1965.

12. Landergren S. Über die Gleichgewichtsercheinungen in Austausch der stabilen Kohlenstoffisotope in marinen Sedimenten. «Naturforsch.», 1953, Bd. 86, 53.