

Т. С. БЕРЛИН, Д. П. НАЙДИН,
В. Н. САКС, Р. В. ТЕИС, А. В. ХАБАКОВ

КЛИМАТЫ В ЮРСКОМ И МЕЛОВОМ ПЕРИОДАХ НА СЕВЕРЕ СССР ПО ПАЛЕОТЕМПЕРАТУРНЫМ ОПРЕДЕЛЕНИЯМ

Приведены сведения о палеотемпературных определениях в рострах юрских и нижнемеловых белемнитов из северных областей СССР. Получены среднегодовые палеотемпературы порядка 13—25° по изотопному составу кислорода (около 100 определений с тенденцией к возрастанию между батским и поздневожским временем) и порядка 10—22° по отношению Са/Mg (около 200 определений). Сезонные колебания палеотемператур составляли около 5—7°. Делаются выводы о том, что северные окраины Евразии находились в тоаре, поздней юре и неокоме примерно в северной части субтропической зоны, в средней юре и поздневожское время — в умеренной зоне.

Выявление климатических обстановок в геологическом прошлом является одной из самых увлекательных задач исторической геологии и имеет исключительно большое значение для познания условий осадкообразования и развития органической жизни, для обеспечения правильных прогнозов полезных ископаемых, связанных с осадочными толщами.

К реконструкции палеоклиматов можно подойти различными путями. Безусловно, очень много в этом отношении дают изучение вещественного состава осадочных пород, состав аутигенных минералов, восстановление условий выветривания в областях сноса, ряд текстурных особенностей отлагающихся осадков.

Многое можно почерпнуть из изучения органических остатков. Теснейшим образом связаны с климатическими условиями растительные сообщества на суше, о которых наиболее общее и полное представление дают спорово-пыльцевые комплексы. Морские биоценозы также развиваются в тесной зависимости от температур водной среды и, следовательно, тоже являются индикатором климата. В первую очередь климатическими особенностями определяется и палеобиографическая зональность.

При синтезе полученных данных необходимо считаться с палеогеографическими условиями — распределением суши и моря, положением горных хребтов, возможными направлениями морских течений и движений воздушных масс, предполагаемым положением полюсов (с учетом палеомагнитных определений).

Важнейшее место в климатологии имеют данные о температурах (их абсолютные значения, изменения в пространстве и времени, сезонные колебания и т. п.) как воздушных, так и водных масс. Естественно, что и при определении палеоклиматов нужно располагать этими данны-

ми. За последние 15 лет были предприняты попытки получить сведения об абсолютных значениях температур морей прошлых геологических периодов с применением различных методов. Наиболее интересные результаты получены с помощью метода изотопной палеотермометрии и по Ca/Mg-отношению [23, 25 и др.].

Метод изотопной палеотермометрии заключается в определении отношения O^{18}/O^{16} в органических карбонатах. Оказывается, отношение O^{18}/O^{16} карбоната раковин ряда морских организмов находится в равновесии с отношением O^{18}/O^{16} окружающей воды, а последнее зависит от температуры: при понижении ее повышается содержание O^{18} и наоборот. У нас в СССР метод изотопной палеотермометрии разрабатывается в Институте геохимии и аналитической химии АН СССР. Полученные результаты опубликованы в ряде статей [13, 14 и др.].

Второй метод определения температур морских бассейнов прошлых геологических периодов разрабатывается Т. С. Берлин и А. В. Хабаровым (ВСЕГЕИ) [1—4], которые показали зависимость от палеотемператур водной среды соотношения Ca/Mg в раковинах и тем самым открыли возможность массового определения палеотемператур химическими методами с проведением лишь контрольных анализов изотопного состава кислорода.

Наиболее надежные данные по обоим методам получены по белемнитам, что прежде всего обусловлено более благоприятными условиями сохранности первичного состава изотопов кислорода, а также содержания Ca и Mg в кристаллах кальцита ростров белемнитов.

Отношение O^{18}/O^{16} определялось в рострах, не обнаруживающих макроскопических следов вторичных изменений. Однако необходимо иметь в виду, что как состав изотопов кислорода, так и отношение Ca/Mg в ряде случаев существенно изменяются в результате диагенетических превращений, не наблюдаемых макроскопически. В дальнейшем предстоит разработать критерии для определения сохранности первичного состава изотопов кислорода, Ca и Mg.

В целях изучения палеоклиматов в юрском и меловом периодах северных областей СССР Р. В. Тейс было сделано около 100 определений изотопного состава кислорода и Т. С. Берлин около 200 определений отношения Ca/Mg в рострах белемнитов из коллекции, монографически обработанной В. Н. Саксом и Т. И. Нальняевой [12] (рис. 1). Наиболее полная картина получена для отрезка времени от второй половины средней юры (бат) до середины раннего мела (готерив). Исследовались ростры, взятые из бассейна р. Печоры (р. Ижма), с Земли Франца-Иосифа, с восточного склона Северного Урала (бассейн р. Северной Сосьвы), с Северо-Сибирской низменности (бассейны рек Хеты и Анабара), с низовьев р. Лены и с Северо-Западной Камчатки. Результаты определений (см. таблицу), показали, что среднегодовые температуры в юрском и меловом периодах в морях на севере Евразии колебались в пределах $10-25^{\circ}$, что примерно может соответствовать современному субтропической зоне и южной части умеренной зоны.

Определения по изотопному составу кислорода и отношению Ca/Mg показали хорошую сходимость у ростров, взятых в осадках открытого моря с нормальной соленостью. В прибрежных, опресненных обстановках палеотемпературы по O^{18}/O^{16} оказываются на $5-10^{\circ}$ выше, чем по отношению Ca/Mg. Следует думать, что опреснение в большей степени сказывалось на изотопном составе кислорода, чем на соотношении кальция и магния, и палеотемпературы, полученные по последнему методу в прибрежной зоне, являются более надежными.

Так, особенно высокие температуры, устанавливаемые по O^{18}/O^{16} для неокома Северной Сибири, бесспорно объясняются приуроченностью изучавшихся ростров к прибрежным песчаным фациям. Пески формировались, как показывает состав биоценозов [8], на глубинах 20—30 м в условиях сильного прогревания воды солнцем и поступления с материка пресных вод. Сходные условия были в берриасе на восточном скло-

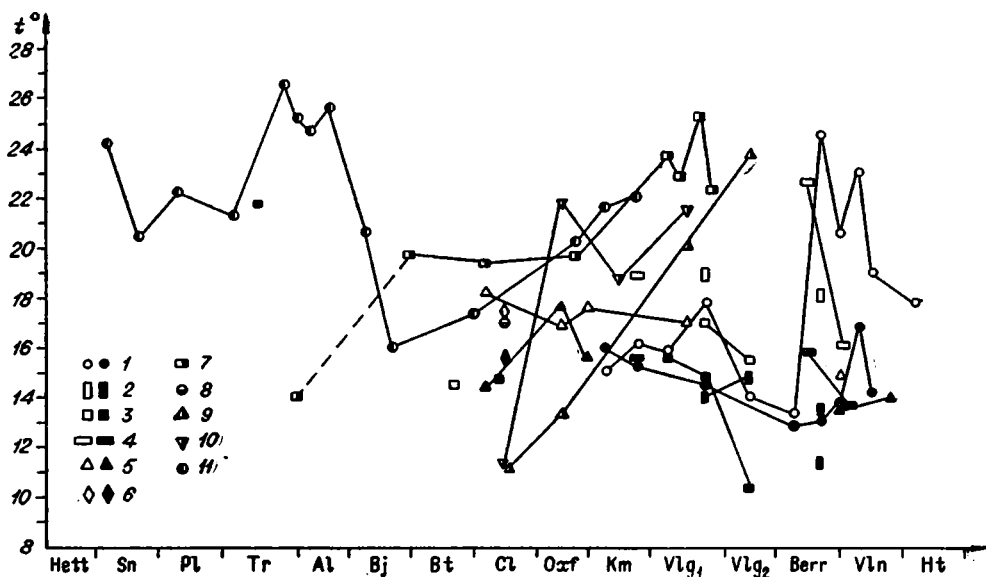


Рис. 1. Палеотемпературы по изотопному составу кислорода и по отношению Ca/Mg в рострах белемнитов на Севере СССР и в соседних регионах в юрском периоде и неоме.

1 — бассейн р. Хеты (Таймыр); 2 — район р. Анабар; 3 — низовья р. Лены; 4 — восточный склон Северного Урала; 5 — бассейн р. Печоры; 6 — Земля Франца-Иосифа; 7 — Восточная Гренландия; 8 — Аляска; 9 — средняя часть Русской равнины; 10 — Прикаспийская низменность; 11 — южная часть ФРГ. Палеотемпературы даны по ярусам: Hett — геттанг, Sn — синемюр, Pl — плинсбах, Tr — тоар, Al — аален, Bj — байос, Bt — бат, Ct — келловей, Oxf — оксфорд, Km — кимеридж, Vlg₁ — нижний волжский ярус, Vlg₂ — верхний волжский ярус, Berr — берриас, Vln — валанжин, Ht — готерив. Определения по O^{18} даны значками без заливки или с заливкой наполовину, определения по Ca/Mg даны значками со сплошной заливкой.

Примечание. Данные по зарубежным территориям заимствованы из работ Р. Боуэна [18—21], Г. Юри, Г. Лоуенштама и др. [17] и П. Фрида [22], по Русской равнине использованы определения Р. В. Тейс по материалам Д. П. Найдина и В. А. Густомесова.

не Северного Урала, тогда как в конце берриаса песчаные осадки здесь сменились алевритами, что сразу отразилось на палеотемпературном режиме (по O^{18}/O^{16}). Очень наглядно фациальный состав осадков отражается на палеотемпературах, определенных для второй половины раннего волжского века. Ростры из прибрежных гравелитов и грубозернистых песчаников в бассейне р. Анабара дали по O^{18}/O^{16} палеотемпературы около 19° , из глауконит-лептохлоритовых песчаников в бассейне р. Анабара, формировавшихся на глубинах около 50 м, — около 18° и, наконец, из глинисто-алевролитовых пород в низовьях р. Лены, с глубин предположительно около 100 м — менее 17° . По отношению Ca/Mg палеотемпературы оказались во всех трех районах почти тождественными (между 14 и 15°) и более низкими, чем по O^{18}/O^{16} .

Можно думать, что в какой-то мере палеотемпературы являются также функцией условий жизни отдельных видов, которые могли быть различными даже в общих захоронениях. Так, в позднем берриасе бассейна р. Хеты короткие и массивные ростры видов, характеризовавших-

Результаты палеотемпературных определений в рострах юрских и нижнемеловых белемнитов из северных областей СССР по O^{18}/O^{16} и Ca/Mg , град

Возраст	Земля Франца-Иосифа		Бассейн Печоры		Северный Урал		Бассейн Хеты (Таймыр)		Бассейн Анабара		Низовья Лены		Камчатка
	O^{18}/O^{16}	Ca/Mg	O^{18}/O^{16}	Ca/Mg	O^{18}/O^{16}	Ca/Mg	O^{18}/O^{16}	Ca/Mg	O^{18}/O^{16}	Ca/Mg	O^{18}/O^{16}	Ca/Mg	Ca/Mg
Средний тоар	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21,7(3)	—
Верхний бат	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,5(1)	—	—
Келловей	17,3(1)	15,6(1)	18,2(2)	14,9(2)	—	—	—	—	—	—	—	15,2(1)	—
Оксфорд	—	—	16,9(1)	17,6(1)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Оксфорд-кимеридж	—	—	18,2(1)	15,6(1)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Нижний кимеридж	—	—	—	—	—	—	15,1(4)	16,0(2)	—	—	—	—	—
Верхний кимеридж	—	—	—	—	18,9(3)	15,6(63)	16,2(10)	15,2(2)	—	—	—	—	—
Нижний подъярус нижнего волжского яруса	—	—	—	—	—	—	15,8(2)	—	—	—	—	15,6(1)	—

Верхний подъярус нижнего волжского яруса	—	—	—	—	—	—	17,7(2)	14,5(23)	18,9(2)	14,1(4)	17,0(4)	14,8(5)	—
Верхний волжский ярус	—	—	—	—	—	—	14,0(2)	—	—	14,8(1)	15,5(1)	10,4(1)	—
Нижний берриас	—	—	—	—	23,1(1)	16,2(1)	13,4(2)	12,8(8)	—	—	—	—	—
Верхний берриас	—	—	—	—	—	15,5(3)	25,0(6)	13,0(18)	—	13,2(10)	—	—	—
Граница берриаса и валанжина	—	—	14,9(3)	13,5(4)	16,2(1)	14,7(4)	20,5(13)	13,7(16)	—	—	—	—	—
Нижний валанжин	—	—	—	—	—	—	23,1(2)	16,9(2)	—	—	—	—	—
Граница нижнего и верхнего валанжина	—	—	—	—	—	—	18,9(11)	14,1(4)	—	—	—	—	—
Верхний валанжин	—	—	—	14,0(2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Нижний готерив	—	—	—	—	—	—	17,8(2)	—	—	—	—	—	14,7(2)

Пр и м е ч а н и е. В скобках количество анализировавшихся ростров.

ся, вероятно, придонным образом жизни, показали по O^{18}/O^{16} палеотемпературу на 4—10° выше, чем встреченные вместе с ними более удлиненные ростры. Последние принадлежат видам, остатки которых встречаются во всех фашиальных зонах, вплоть до нижней части сублиторали.

На 5—6° расходятся палеотемпературы (по O^{18}/O^{16}) в валанжине и раннем готериве бассейна р. Хеты, определявшиеся в рострах цилиндротевтисов, бывших хорошими пловцами, и акротевтисов, ведших придонный образ жизни в прибрежной зоне.

При определениях палеотемператур по отношению Ca/Mg такие расхождения между собранными совместно рострами разных видов не устанавливаются. Например, в верхнем кимеридже на Северном Урале виды с короткими рострами (*Simobelus*) показали такие же значения палеотемператур, как и виды с длинными и тонкими рострами (*Cylindroteuthis* и *Lagonibelus*). Отсюда можно сделать вывод, что и различия в палеотемпературах по O^{18}/O^{16} у разных видов не столько связаны с изменениями палеотемпературного режима на разных глубинах, сколько с опреснением прибрежной зоны.

Существенным является то обстоятельство, что палеотемпературы могли заметно меняться в сравнительно короткие отрезки времени и поэтому ростры, недостаточно точно привязанные к разрезу, уже в силу неодновременности могут обладать различными палеотемпературами. Например, в верхнем кимеридже бассейна р. Хеты по зонам устанавливаются следующие изменения в палеотемпературах (по O^{18}/O^{16}): в зоне *Aulacostephanus mutabilis* 17,0°, в зоне *A. eudoxus* 15,3° и в зоне *Streblites taimyrensis* 15,5°.

Сравнение данных, полученных по Северу СССР, с другими областями показывает, что для юрского периода кривая палеотемператур по O^{18}/O^{16} для Северной Сибири обнаруживает хорошую сходимость с аналогичной кривой для Восточной Гренландии [20]. Палеотемпературы в Гренландии оказываются выше, чем в Сибири, на 4—5° и в раннем волжском веке даже на 7°. Последнее, вероятно, объясняется песчаным составом волжских слоев в Гренландии, формировавшихся в прибрежных мелководных обстановках. Что же касается общего повышения температур воды у берегов Гренландии по сравнению с сибирскими морями, то оно может связываться с воздействием теплого течения, проникавшего в Гренландское море, как и сейчас, из Атлантики. И действительно, юрские фауны Гренландии оказываются пограничными между бореально-атлантической и арктической зоогеографическими провинциями (областями для волжского времени).

Следует, однако, отметить, что как справедливо указывает Г. Стевенс [24], Боуэн основывает свои выводы на ограниченном материале, к тому же часто не точно определенном и не привязанном стратиграфически.

Постепенное повышение температур на протяжении позднеюрской эпохи фиксируется также для средней и южной частей Русской равнины. Это установлено на основании определения отношений Ca/Mg и O^{18}/O^{16} в рострах верхнеюрских белемнитов Русской платформы, представленных В. А. Густомесовым. Так, по представителям рода *Pachyteuthis* из келловея Рязанской области по отношению O^{18}/O^{16} значение белемнитовых температур около 13°, из оксфорда 10—17,5°, а из верхнего волжского яруса Подмосковья 23—24°С. По *Cylindroteuthis* из келловея Рязанской области значения белемнитовых температур 10,5—13,5°, а из нижневолжских слоев Ульяновской области 20—21°С.

Крайний интерес представляют намечающиеся различия между температурами севера Русской равнины, с одной стороны, и ее цент-

ральной и юго-восточной частей, с другой. Так, для келловей (по немногим определениям) на севере (бассейн Печоры) температуры несколько выше, чем в центральной и даже юго-восточной части Русской равнины. Но уже по нижне- и верхневолжским формам на севере получены более низкие значения температур по сравнению с южными и центральными участками Европейской части СССР.

Причина такого несоответствия широтной зональности может тоже заключаться в воздействии на Печорское море теплого атлантического течения. Надо, однако, оговориться, что фауна верхнеюрских отложений бассейна Печоры не дает прямого подтверждения подобного предположения. В келловее, например, аммониты в печорских разрезах беднее по количеству родов, чем даже в средней части Русской равнины [5].

Более высокие температуры воды в кимеридже восточного склона Северного Урала (по O^{18}) по сравнению с Русской равниной полностью подтверждаются более разнообразным составом фауны, очень близкой к английской.

Сравнения со странами Западной Европы показывают, что и там на протяжении второй половины средней юры и в поздней юре (до конца кимериджа) шло постепенное повышение палеотемпературы, в южной части ФРГ, например, превосходившей на $5-6^\circ$ палеотемпературы на севере Сибири [22]. Странным является то, что палеотемпературы на юге ФРГ на границе уже средиземноморской зоогеографической области оказываются в поздней юре примерно равными палеотемпературам в Гренландии. Возможно, что это связано с условиями жизни анализировавшихся белемнитов; в ФРГ изучались ростры хиболитов — хороших пловцов, вероятно, обитавших на больших глубинах, в водах с более низкими, чем у поверхности, температурами, в Гренландии — в основном ростры пахитевтисов, приуроченных к прибрежной зоне.

Только в неокоме Англии палеотемпература ($16,5^\circ$) приблизилась к значениям, полученным для бассейна Печоры и Северного Урала, на $3,5^\circ$, уступая палеотемпературам на севере Средней Сибири. Причина может заключаться в том, что в это время в северо-западной части Европы существовал залив, открытый с севера относительно холодным водам Арктического бассейна. Сказанное подтверждается и составом морской фауны. В частности, в берриасе и валанжине Англии и северной части ФРГ отсутствуют белемнопсиды, которые с теплым течением проникали на Шпицберген.

Одинаковая в общих чертах тенденция изменения белемнитовых температур на севере Сибири, в Гренландии, на Русской равнине и в Западной Европе несомненно свидетельствует о том, что эти температуры отражают изменения климатических условий в течение позднеюрской эпохи.

Подобное совпадение результатов, кроме того, свидетельствует также и о том, что полученные значения отражают какие-то реальные изменения среды обитания белемнитов, а не являются следствием диагенетических изменений. Как мы полагаем, о сохранности первичного изотопного состава кислорода в рострах белемнитов свидетельствуют также различия в значениях отношения O^{18}/O^{16} для разных линий нарастания ростров. Трудно себе представить, чтобы при вторичных изменениях могли быть получены закономерные колебания содержания O^{18} . Нам представляется, что эти колебания отражают сезонность в накоплении вещества ростра. В крупных рострах из верхней юры — неокома Северной Сибири насчитывается 4—6-кратное чередование пар концентрических слоев, светлых кальцитовых и темных, окрашенных

органическим веществом и формировавшихся, вероятно, в зимние сезоны, когда ослаблялось накопление кальцита. Послойные определения изотопного состава кислорода (рис. 2) показали, что колебания палеотемператур в этих слоях достигают 5—7°, величины, примерно соответствующей сезонным колебаниям температур воды в современных морях субтропической зоны.

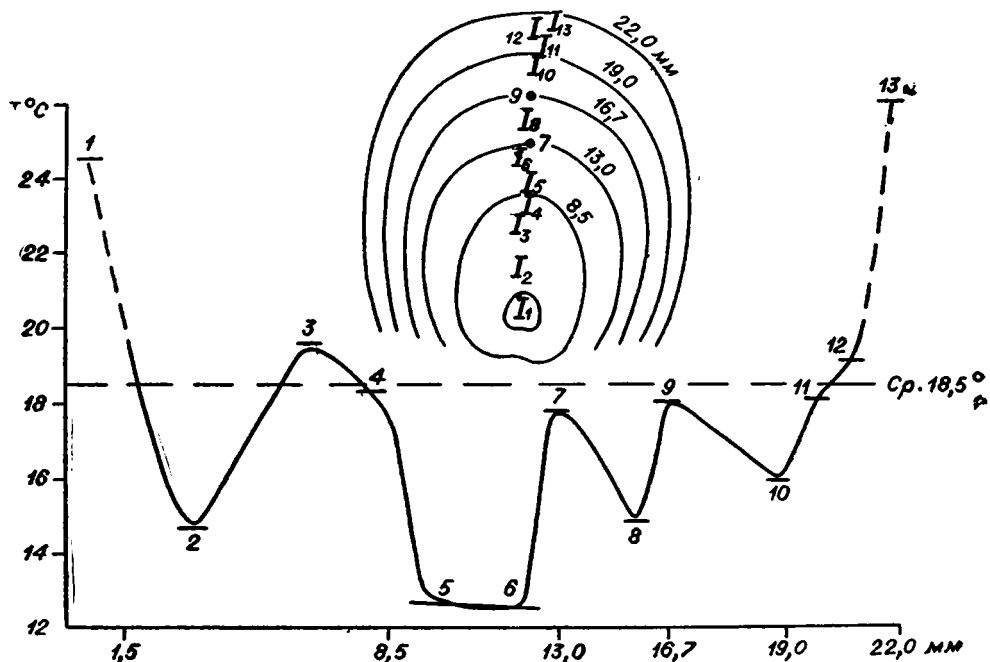


Рис. 2. Результаты палеотемпературных определений по изотопному составу кислорода в поперечном сечении ростра *Lagonibelus kostromensis* Geras. (верхний кимеридж бассейна р. Хеты). Показаны: вверху поперечное сечение ростра и положение взятых проб с порядковыми номерами, внизу кривая изменений палеотемператур с 5 максимумами (летними?) и 4 минимумами (зимними?).

Тем не менее нельзя с уверенностью утверждать, что измеренные в рострах белемнитов палеотемпературы целиком соответствуют среднегодовым палеотемпературам воды в море. Температура тела, хотя и холоднокровного животного, внутри которого находился ростр, должна быть несколько выше температуры окружающей водной среды. Следовательно, мы вправе думать, что действительные среднегодовые температуры воды в юрском и неокомских морях на севере СССР находились в пределах 10—15°. С другой стороны, свободноплавающие белемниты могли опускаться на большие глубины, с более низкими температурами воды, что должно сказаться на изотопном составе кислорода. Влияние этого фактора видно хотя бы из различия температур у разных видов, но и оно не должно было превосходить нескольких градусов, тем более в относительно мелководных морях, не выходявших за пределы сублиторальной зоны с постоянным перемешиванием вод волнениями.

Для более ранних отрезков юрского периода мы пока не располагаем на севере СССР палеотемпературными определениями по кислороду. Определения изотопного состава кислорода в рострах из тоара Вилуйской впадины дали чрезмерно высокие температуры, что можно

объяснять значительной опресненностью бывшего здесь залива. Определения соотношения Ca/Mg в рострах из среднего тоара бассейна р. Вилюя показали значения палеотемператур около 22°. Это хорошо согласуется с высокими температурами (25—28°) для тоара Западной Европы [19, 22] и это может объяснить широкое расселение в тоаре в Арктическом бассейне западно-европейских белемнитов и ряда родов аммонитов. В отложениях древнее тоарского яруса белемниты на севере СССР практически отсутствуют и соответственно исчезает возможность проведения палеотемпературного анализа. Белемниты из отложений аалена, байоса и нижнего бата пока не изучались, но резкий спад палеотемператур, фиксируемый в Западной Европе между ааленом и байосом (на 12°), чувствуется и в Северной Сибири. В байосе и бате в северо-сибирских морях откладываются монотонные глинисто-алевритовые толщи с фауной, очень бедной по количеству родов и очень своеобразной (*Retroceraurus*, *Arctotis*, *Pleuromya*, *Cylindroteuthidae*, аммониты из группы *Cranocephalites*). Только в среднем и позднем бате сюда вторгаются свойственные западно-европейским морям *Morrisiceras* и *Oppelia*.

Для суждения о палеотемпературах морей на севере СССР после готерива данных почти нет. Лишь для позднего сантона — раннего кампана на восточном склоне Северного Урала Д. П. Найдин, Р. В. Тейс и др. [13] приводят определения палеотемператур по O^{18}/O^{16} в рострах актинокамасов в пределах 9—15°. Эти данные показывают, что позднемеловые моря на севере Евразии были примерно на 5° холоднее раннемеловых и позднерусских.

Теперь возникает естественный вопрос, в какой мере по палеотемпературам воды в морях можно восстановить общие климатические условия и насколько эти условия будут соответствовать выводам, получаемым на основе литологических, палеонтологических и палеогеографических исследований. Среднегодовые температуры поверхностных вод в современных морях и атмосферы обнаруживают тесную зависимость от распределения климатических зон, в частности, северная граница субтропической зоны располагается между среднегодовыми изотермами поверхностных вод 10—15°.

Наши представления о климатах на севере СССР в начале юрского периода еще очень ограничены. Все же нельзя не подчеркнуть, что в самые начальные отрезки раннеюрской эпохи — в геттангское и раннесинемюрское время западно-европейские аммониты имели возможность проникнуть в моря на Северо-Востоке СССР (белемниты за пределы Западной Европы на север не выходили). В это же время, в раннем синемюре, палеотемпературы воды в западно-европейских морях были довольно высокими (свыше 24° на юге ФРГ, по П. Фрицу). Для плинсбахского и раннетоарского времени отмечается понижение палеотемператур на 2—4°, одновременно в Арктическом бассейне существенно обедняется родовой состав морской фауны. Из аммонитов остается только род *Amaltheus*, имеющий циркумполярное распространение, из двустворок особенно широкое развитие получают харпаксы, замещающие другие группы, условия жизни для которых стали неблагоприятными. У брахиопод А. С. Дагисом отмечаются явления гигантизма. По-прежнему нет белемнитов. Нет среди осадков и глауконитовых пород.

Процессы выветривания, судя по обилию в осадках не полностью разрушенных минеральных зерен, шли со средней степенью интенсивности. По-видимому, на суше господствовал умеренный климат. На протяжении ранне- и среднеюрской эпох существовал крупный материковый массив, простиравшийся от берегов Северного моря до бассейна

Лены на восток и от островов Советской Арктики до Гималаев на юг. Над этим материком должен был формироваться устойчивый зимний антициклон, определявший наличие сухой холодной зимы. В летнее время идущие из Атлантики циклоны обеспечивали достаточное количество атмосферных осадков для произрастания влаголюбивой и теплолюбивой растительности, остатки которой мы и находим в нижнеюрских отложениях Западной и Северной Сибири. Не исключено, что реки в северной части материка зимой покрывались льдом. Об этом говорят находки валунов в отложениях плинсбаха на севере Сибирской платформы.

В тоарском веке, наряду с повышением на 5° палеотемператур в морях Западной Европы и расселением гораздо более разнообразной фауны аммонитов, белемнитов и других групп в морях Арктического бассейна, Ю. В. Тесленко [16] устанавливается широкое проникновение южных элементов юрских флор (цикадофиты, теплолюбивые папоротники), на территорию Южной Сибири, указывающие на теплый и влажный климат. В северных районах, если судить по спорово-пыльцевым комплексам, такого потепления не происходит, возможно, из-за существования в прибрежной зоне материка муссонного режима с прохладным дождливым летом и холодной сухой зимой.

В начале среднеюрской эпохи, а если считаться с ходом палеотемпературных кривых в Западной Европе, то только с конца аалена, всеми исследователями предполагается ухудшение климата. Это отмечают Ю. В. Тесленко [16] и В. И. Ильина [9] по развитию флоры в Южной Сибири (цикадофиты и теплолюбивые папоротники явно деградируют), Э. Н. Кара-Мурза [10] по флоре северной окраины материка. Похолодание резко сказалось и на усилении эндемизма фауны Арктического бассейна (появление арктических родов аммонитов и даже нового семейства цилиндротевтид среди белемнитов).

В батском веке начинается, как показывают палеотемпературные кривые, новое потепление. На юге Сибири растительные сообщества обогащаются в конце средней юры формами, указывающими на потепление и аридизацию климата [16, 9]. На юге Западной Сибири формируются красноцветные осадки.

А. В. Гольберт и И. Д. Полякова [7] на основании статистического анализа спорово-пыльцевых комплексов пришли к выводам об установлении, начиная с конца средней юры, на юге Западной Сибири субтропического семиаридного, а в северной половине низменности субтропического гумидного климата. В пользу того, что на берегах Западно-Сибирского позднеюрского моря действительно был субтропический климат, А. В. Гольберт и И. Д. Полякова приводят много убедительных доводов, как, например, развитие глауконитовых осадков, оолитовых известняков, присутствие кокколитофорид среди водорослей. Все эти данные прекрасно сходятся с результатами палеотемпературных исследований на севере Сибири.

Рост палеотемператур от бата и до конца раннего волжского века шел одновременно с возрастанием эндемичности фауны Арктического бассейна (рис. 3). С келловея В. Н. Сакс и Т. И. Нальняева [12] выделяют по белемнитам в бореальной зоогеографической области особую арктическую провинцию, а с раннего волжского века даже отдельную арктическую зоогеографическую область. Однако одновременно с этим, начиная с келловея, фауна, населявшая арктические моря, становится более разнообразной, в кимеридже у северных берегов Сибири появляются размножающиеся лишь при температурах около 20° устрицы [8], в позднем кимеридже — свойственные средиземноморской зоогеогра-

фической области аммониты — опшелиды, а в конце раннего волжского века не заплывавшие даже в моря бореально-атлантической области характерные исключительно для Тетиса виргатосфинкты и берриаселлы. Тогда же в Тихоокеанском бассейне представители арктической фауны — ауцеллы и цилиндротевтиды — расселяются далеко на юг, на западе до Южного Приморья, на востоке до Калифорнии и Мексики. Наиболее вероятная причина этого — ослабление различий в температурах воды между приполярными и приэкваториальными областями.

На протяжении поздней юрской эпохи в Северной Сибири усиливаются процессы химического выветривания на суше, возрастает, особенно начиная с кимериджа, роль глауконитовых осадков, усиливается вынос соединений железа в море. Только в келловее есть еще признаки зимнего замерзания рек, позже они не фиксируются.

В позднем волжском веке — раннем берриасе на севере Средней Сибири отмечается спад температур на 4—5°, довольно хорошо увязывающийся с обеднением комплексов морской фауны. Поскольку на Русской равнине такой спад не устанавливается, он, видимо, обусловлен местной причиной — осушением геосинклинальных морей на Северо-Востоке СССР, затруднившим водообмен между морями у северного побережья Сибири и Тихим океаном.

В позднем берриасе, валанжине и раннем готериве, судя по палеотемпературным определениям, моря Северной Сибири продолжали оставаться тепловодными. Это подтверждается разнообразием фаунистических комплексов в морях, присутствием среди двустворок устриц, крупных пектен, указывающий на субтропический климат в Западно-Сибирской низменности [7], семиаридный в южной ее половине и гумидный в северной. У северных берегов Сибирского материка произрастали папоротники из приуроченных ныне к тропической и субтропической зонам семейств схизейных, циатейных и диксониевых [10]. По-прежнему интенсивными были процессы выветривания на суше, в прибрежной зоне морей продолжали накапливаться глауконитовые осадки.

Если судить по составу морской фауны, температуры воды в Арктическом бассейне были несколько ниже, чем в кимеридже — раннем волжском веке. Это подтверждают и палеотемпературные определения по отношению Ca/Mg, а также в рострах цилиндротевтисов по кислороду. Состав же наземной растительности в Северной и Восточной Сибири говорит, наоборот, об улучшении климата по сравнению с поздней юрской эпохой [10, 6]. Подобная картина могла иметь место, если допустить на фоне общего планетарного потепления климата некоторое охлаждение Полярного бассейна вследствие ослабления его связей с мировым океаном после поднятия мезозойского мезозойца.

Очень теплый субтропический климат существовал в Западно-Сибирской низменности и во второй половине раннего мела [7]. Однако влажность его, несмотря на возрастание площади суши, повысилась, аридная зона сместилась к югу за пределы Западной Сибири. В условиях влажного и теплого климата, способствовавшего глубокому разложению обломочного материала на суше, несомненно, формировались и месторождения бокситов в Западной Сибири, и мощные угленосные толщи Северной и Восточной Сибири.

В позднемеловую эпоху произошло некоторое ухудшение климатических условий [7]. Оно проявилось и в палеотемпературных определениях, и в составе морских фаун, населявших северосибирские моря. Как и в средней юре, господство здесь завоевывает одна группа двустворок — иноцерамы, очень редкими оказываются белемниты и ам-

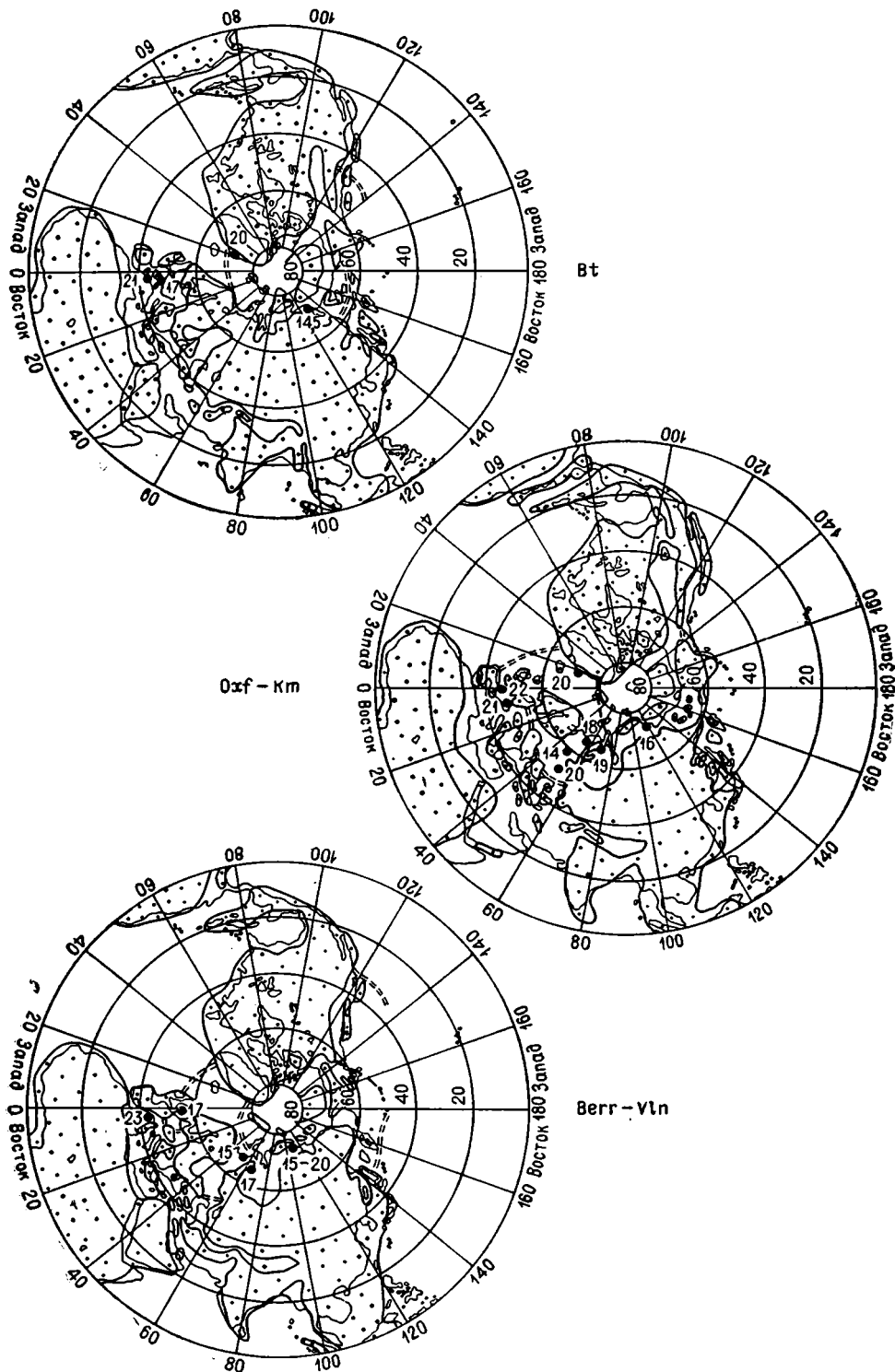
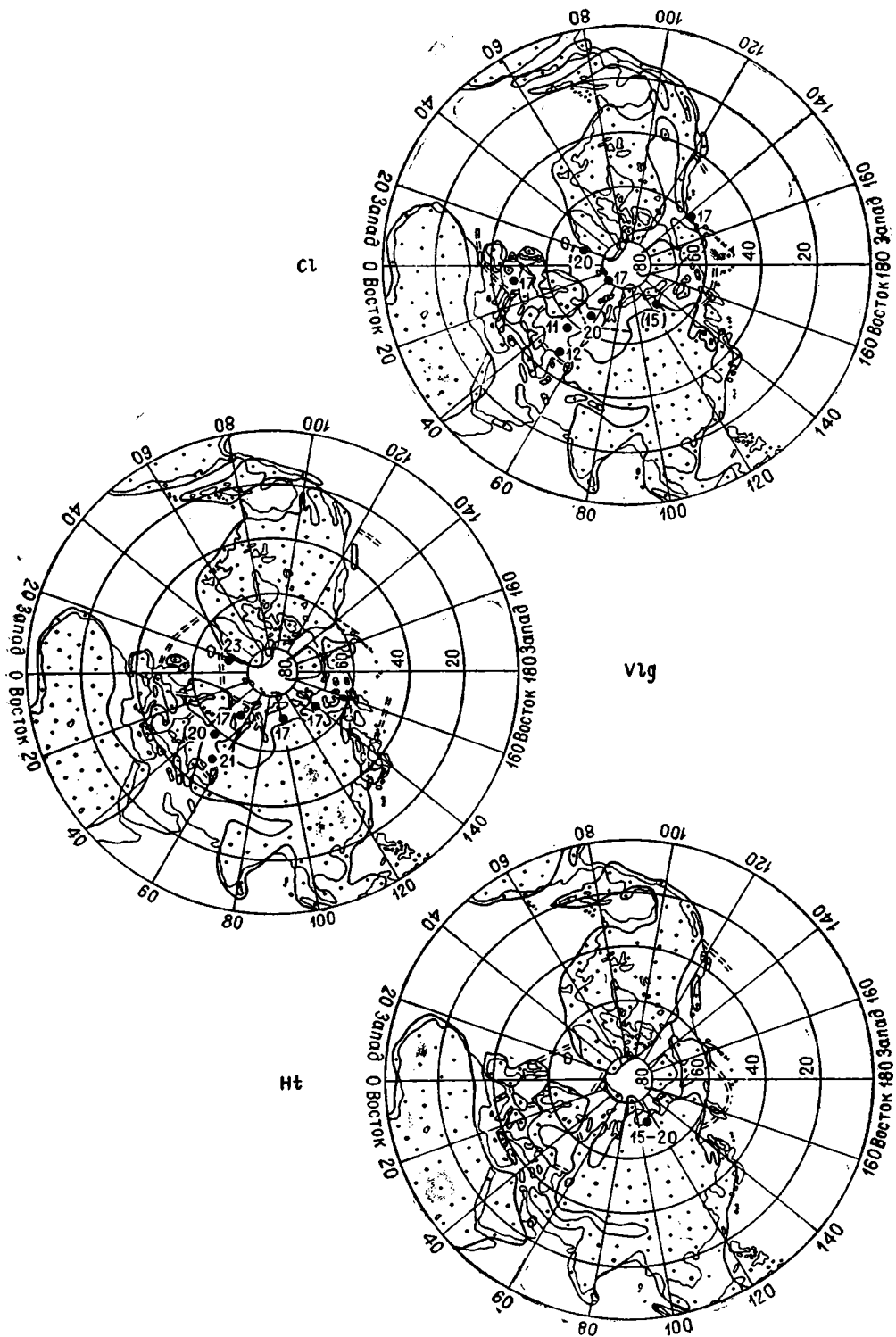


Рис. 3. Циркумполярные палеогеографические карточки для бата (Bt), келловея (Cl), оксфорда — кимериджа (Oxf—Km), волжского времени (Vlg), берриас — валанжина (Berr—Vln) и готерива (Ht). Кружки с цифрами — определения палеотемператур в



градусах по O^{18}/O^{16} , цифры в скобках — по Ca/Mg . Границы зоогеографических областей даны двойными прерывистыми линиями, зоогеографических провинций — ординарными прерывистыми линиями (по В. Н. Саксу и Т. И. Нальняевой, 1966).

мониты. Понижением температуры воды, вероятно, обусловлено и формирование в Западно-Сибирском море в коньяке — кампане кремнистых пород — опок. Позднейшее потепление Западно-Сибирского моря в маастрихте, приведшее к отложению известковистых осадков, определялось местной причиной — расширением связей с южными морями.

Итак, климаты на севере СССР на протяжении юрского и мелового периодов были теплыми. Можно предполагать, что в тоаре (может быть, аалене), поздней юре и неокоме эта область находилась в пределах субтропической зоны, в ее северной части, переходной к умеренной зоне. В байос-бате, позднем мелу и возможно плинсбахе господствовали условия, отвечающие современной умеренной зоне.

Между тем широтное положение Северной Евразии не могло заметно отличаться от существующего в настоящее время. Циркумполярное расположение зоогеографических и фитогеографических областей в юре и мелу как нельзя более убедительно говорит о положении географического полюса внутри Арктического бассейна. Некоторое смещение границ биогеографических областей к юго-востоку легко может объясняться влиянием теплого течения, которое обязательно должно было поступать в Арктический бассейн из Атлантического океана. Палеомагнитные определения также в основном указывают на положение магнитного полюса в юрском и меловом периодах внутри арктического бассейна, возможно, вблизи побережья Северо-Восточной Сибири [11].

Изучение климатических условий в юре и мелу на севере Евразии убеждает в существовании в то время Атлантического океана и его активном воздействии на климаты и расселение животных и растений в приполярной области. Вместе с тем сравнение палеотемпературных определений, а соответственно и климатов в пределах арктической, бореально-атлантической и средиземноморской зоогеографических областей показывает, что различия в температурах воды и воздуха не превосходили 4—5° между арктической и бореальной областями и 5—7° даже между арктической и средиземноморской областями. Несмотря на это, в юрском и меловом периодах устанавливается четкое разделение на биогеографические области, связанные с широтной зональностью, за пределы которых многие группы организмов совершенно не переходили (например, цилиндротевтиды в арктической и бореальной областях, двувалины и белемнопсиды в средиземноморской и индо-тихоокеанской областях). Следовательно, животные и растения в мезозое были значительно более стенотермными, чем современные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлин Т. С., Хабаков А. В. Методика и результаты определения электрокинематических потенциалов карбонатов в осадочных породах. Сб. Физ. методы исслед. осадочн. пород и минералов. Изд-во АН СССР, 1962.
2. Берлин Т. С., Хабаков А. В. Химико-аналитические определения отношения кальция и магния в роствах белемнойдей, как метод оценки температур среды обитания в морях мелового периода СССР. Геохимия, № 3, 1966.
3. Берлин Т. С., Хабаков А. В. К вопросу о минералогическом составе ростров верхнемеловых белемнитов. Геохимия, № 6, 1966.
4. Берлин Т. С., Хабаков А. В. О магнизиальности кальцитовых ростров белемнителлид, как показателе температур среды обитания в морях мелового периода СССР. Тр. годичн. сесс. Учен. Совета ВСЕГЕИ. Стратигр. и палеогеогр., 1966.
5. Бодылевский В. И. Бореальная провинция юрского периода. Тр. I сесс. Всес. палеонтол. об-ва. М., 1957.
6. Вахрамеев В. А. Юрские и раннемеловые флоры Евразии и палеофлористические провинции этого времени. Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 102, 1964.

7. Гольберт А. В., Полякова И. Д. К методике региональных палеоклиматических реконструкций. Геология и геофизика, № 4, 1966.
8. Захаров В. А. Позднеюрские и раннемеловые двустворчатые моллюски севера Сибири и условия их существования. «Наука», 1966.
9. Ильина В. И. Сравнительный анализ спорово-пыльцевых комплексов юрских отложений южной части Западной Сибири. Сб. Палинология в Сибири. «Наука», 1966.
10. Кара-Мурза Э. Н. Палинологическое обоснование стратиграфического расчленения мезозойских отложений Хатангской впадины. Тр. Ин-та геол. Арктики, т. 109, 1960.
11. Кокс А., Долл Р. Обзор явлений палеомагнетизма. В кн. Пробл. перемещения материков. М., ИЛ, 1963.
12. Сакс В. Н., Нальняева Т. И. Верхнеюрские и нижнемеловые белемниты Севера СССР. Роды *Cylindroteuthis* и *Lagonibelus*. «Наука», 1964. Роды *Pachyteuthis* и *Acroteuthis*. «Наука», 1966.
13. Тейс Р. В., Найдин Д. П., Задорожный И. К. Определение верхнемеловых температур Русской платформы и некоторых других областей СССР по изотопному составу органогенного кальцита. Пробл. геохимии. Юбил. сб., посвящ. 70-летию акад. А. П. Виноградова. «Наука», 1965.
14. Тейс Р. В., Найдин Д. П., Чупахин М. С. Определение климатических условий некоторых районов СССР в верхнемеловую эпоху методом изотопной палеотермометрии. Геохимия, № 8, 1956.
15. Тейс Р. В., Чупахин М. С., Найдин Д. П. Определение палеотемператур по изотопному составу кислорода органогенного кальцита. Сб. Междунар. геол. конгр. XXI сессия. М., 1960.
16. Тесленко Ю. В. Биостратиграфическое значение ископаемой флоры из юрских угленосных отложений западных и южных районов Сибири. Автореф. дисс. Томск, 1965.
17. Юри Г., Лоуенштам Г., Эпштейн С., Мак-Кенни К. Определение палеотемператур, в частности температур верхнего мела Англии, Дании и юго-восточных штатов США. Сб. Изотопы в геологии. М., ИЛ, 1954.
18. Bowen R. Oxygen isotope paleotemperature measurements in Cretaceous Belemnoida from Europe, India and Japan. Journ. of Paleontol., vol. 35, № 5, Tulsa, 1961.
19. Bowen R. Paleotemperature analyses of Belemnoida and jurassic paleoclimatology. Journ. Geol., vol. 69, № 3, Chicago, 1961.
20. Bowen R. Paleotemperature analyses of jurassic Belemnoida from East Greenland. Experientia, t. 18, № 10, 1962.
21. Bowen R., Fontes J. Paleotemperatures indiquees par l'analyse isotopique de fossils du cretace inferieur des Hautes — Alpes (France). Experientia, t. 19, № 5, 1963.
22. Fritz P. O^{18}/O^{16} — Isotopenanalysen und Paleotemperatur bestimmungen an Belemniten aus dem schwäbischen Jura. Geol. Rundschau, Bd. 54, № 1, 1965.
23. Lowenstam H. A. Mineralogy, O^{18}/O^{16} , and strontium and magnesium contents of recent and fossil Brachiopods and their bearing on the history of the oceans. J. Geol., vol. 69, № 3, 1961.
24. Stevens G. R. Faunal realms in Jurassic and Cretaceous Belemnites. Geol. Mag., vol. 100, № 6, 1963.
25. Urey H. C. The thermodynamic properties of isotopic substances. Journ. Chem. Soc., 1947.

Статья поступила в редакцию
10 июня 1966 г.

T. S. Berlin, D. P. Naidin, V. N. Sachs, R. V. Teis, A. V. Chabakhov

THE CLIMATES OF JURASSIC AND CRETACEOUS PERIODS IN THE NORTH OF THE USSR ACCORDING TO PALEOTEMPERATURE DETERMINATIONS

The average annual paleotemperatures within the ranges 13—25° according to the isotopic composition of O^{18}/O^{16} (about 100 determinations with a tendency to increasing between Bathonian and Late Tithonian time) and within the ranges 10—22° according to the Ca/Mg ratio (about 200 determinations) are obtained on the basis of rostra of Jurassic and Lower Cretaceous belemnites from the Northern regions of the USSR.

The season-variations of paleotemperatures range about 5 to 7°. The Northern outlying districts of Eurasia were in Toarcian, Late Jurassic and Neocomian stages, in the vicinity of Northern part of subtropical zone, in Pliensbachian, Middle Jurassic and in Late Tithonian stages of moderate zone are concluded.