

УДК 564.53(116.1)

Ю. Д. ЗАХАРОВ и В. О. ХУДОЛОЖКИН

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО  
ИССЛЕДОВАНИЯ РАКОВИН МЕЗОЗОЙСКИХ ЦЕФАЛОПОД  
АРКТИЧЕСКОЙ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Изложены результаты химико-минералогического исследования хорошо сохранившихся раковин цефалопод из нижнего триаса р. Оленек и диагенетически измененных раковин из нижнего триаса и верхнего мела Приморья, Айдахо и Сахалина. Раковины сибирских цефалопод состоят преимущественно из арагонита. В разных пергородках одних и тех же экземпляров *Keyserlingites* отмечается различное содержание арагонита. Раковины цефалопод из Приморья, Айдахо и Сахалина целиком замещены кальцитом. У арагонитовых и кальцитовых раковин наблюдается значительное различие в химическом составе.

В зарубежной литературе последних лет появились многочисленные статьи, посвященные изучению минералогической структуры и химического состава скелетных образований современных и ископаемых морских организмов. В них обсуждается ряд проблем биологического и геологического характера. Высказывается, например, мнение, что минералогическое строение скелета некоторых групп животных зависит от условий среды их обитания. Большое значение придается солевому обмену между организмом и средой, как одному из способов приспособления к изменяющимся условиям. Многие из поставленных вопросов еще далеки от более или менее удовлетворительного разрешения. Особую трудность представляет интерпретация палеонтологического материала. Не является секретом тот факт, что большинство из накопленных коллекций древних морских животных совершенно непригодно для выявления первичного состава их скелета.

В настоящей статье изложены некоторые результаты химико-минералогических исследований хорошо сохранившихся раковин разнообразных групп триасовых головоногих моллюсков Арктической Сибири; в целях сравнения приведены сведения, полученные по диагенетически измененным раковинам триасовых и меловых цефалопод Южного Приморья, Сахалина и Запада США.

Пользуясь случаем, авторы выражают искреннюю признательность Б. Каммелу и Ю. Г. Журавлеву, любезно предоставившим в наше распоряжение коллекции аммоноидей из мезозойских отложений Айдахо, Невады и Сахалина, Э. Д. Голубевой, Т. В. Сверкуновой и Е. А. Лаговской, выполнившим спектральный и химический анализы, а также Р. И. Мартиной и В. М. Петрову, принимавшим участие в рентгено-структурных исследованиях.

Изученные коллекции хранятся в Дальневосточном геологическом институте ДВФ СО АН СССР (Владивосток) под № 801 (Приморье), 802 (Арктическая Сибирь), 803 (Айдахо, Невада) и 951 (Сахалин).

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИИ

В работе приведены сведения, полученные при исследовании скелета ископаемых цефалопод с помощью рентгено-структурного, спектрального и химико-аналитического методов.

Наибольший объем анализов выполнен с помощью рентгено-структурного метода (более 100 анализов) по методике, которую предложили Т. Дэвис и П. Хуер (Davies and Hooper, 1963). Экспериментальные работы выполнены на дифрактометре УРС-50-ИМ. Спектры образцов, полученные с помощью медной трубки с никелевым фильтром, записывались в области  $2\theta$  от 25 до 31°.

Эталон кальцита приготовлен по традиции из раковины *Ostrea*, причем примакушечная часть и участки с мускульными отпечатками, где возможно присутствие небольшого количества арагонита (Stenzel, 1963), были заранее удалены. Предварительный анализ показал, что для изготовления эталона органогенного арагонита пригодна раковина *Venerupis philippinarum* Lischke. Всего из арагонита и кальцита приготовлено 11 эталонов.

Опробованию подвергались как наружная стенка раковины ископаемых цефалопод, так и многочисленные перегородки отдельных экземпляров; попутно замерялись соответствующие размеры раковины, в том числе и расстояния между перегородками.

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАКОВИН

Исследованные нами раковины мезозойских цефалопод можно условно разделить по минералогическому составу на кальцит-арагонитовые и кальцитовые, диагенетически измененные. Кальцит-арагонитовый состав имеют хорошо сохранившиеся раковины раннетриасовых цефалопод Арктической Сибири, которым в настоящей статье уделено основное внимание. Более или менее измененные раковины из нижнего триаса Приморья и Запада США и верхнего мела Сахалина обладают чисто кальцитовым составом.

Подвергшиеся анализу цефалоподы Арктической Сибири весьма разнообразны в систематическом отношении. Большинство их представителей принадлежит подклассу наружнораковинных (аммоидей и паутилоидей), две из исследованных раковин относятся к подклассу внутреннераковинных (табл. 1). Несмотря на разнообразие цефалопод, встреченных в одном разрезе, все они имеют довольно близкий минералогический состав, отличающийся повышенным содержанием арагонита (до  $99,5 \pm 0,2\%$ ). Вместе с тем их скелетные образования отличаются изменчивым минералогическим составом. Результаты опробования различных участков раковин показали, что среднее содержание арагонита в перегородках значительно выше, чем в наружной стенке раковины (места с заметно заниженным содержанием арагонита по сравнению с общим фоном чаще всего встречаются на наружных участках раковины). Это вызвано, вероятно, тем, что наружная стенка более подвержена диагенетическим изменениям, чем перегородки (табл. 1, 2). Полученные результаты также показали, что изменчивым минералогическим составом обладают как раковины разных особей, встреченных совместно в одной конкреции, так и разные участки наружной стенки раковины или разные перегородки одной и той же особи, возникшие в различные стадии индивидуального развития.

На данном этапе изучения, когда микроскопические исследования структуры раковины еще не поставлены на должный уровень, полученные сведения, как и соответствующие литературные данные, можно интерпретировать двояко.

Таблица 1

Содержание арагонита и стронция в наружных стенках раковин раннетриасовых цефалопод из приустьевой части р. Оленек

Подкласс	Патогр. класс	Отряд	Семейство	Вид	№ экз.	№ коллекций	В, мм	T*, мм	Содержание арагонита, %	Содержание стронция**, %
Ectocochlia	Nautiloidea	Orthoceratida	Orthoceratidae	Trematoceras cf. campanile (Mojs.)	31/802	1110	19	0,8	82,0±0,2	0,40
				То же	32/802	1092	11	0,6	86,5±0,2	1,20
		Nautilida	Tainoceratidae	Pleuronautilus subaratus (Keys.)	34/302	40	13—17	0,9	95,0±0,2	1,00
				То же	35/302	1323	10—13	0,45	33,5±0,2	0,80
		Agoniatifida	Sagoceratidae	Pseudosagoceras sp.	36/302	1299	25—28	0,23	49±0,2	0,13
				То же	33/802	6	30—36	0,2?	93,0±0,2	—
	Ammonoidea	Ceratitida	Meekoceratidae	Nordophiceras schmidti (Mojs.)	37/302	1108	17—20	0,3	72,5±0,2	2,20
				Nordophiceras dentosum (Mojs.)	38/302	1000	13—16	0,3	49,5±0,2	1,00
				То же	39/802	1077	13—16	0,3	85,0±0,2	0,50
				»	40/802	1370	6—9	0,2	85,0±0,2	0,32
				»	41/802	1365	5—8	0,2	85,0±0,2	—
				»	43/802	1370	8—10	0,2	96,0±0,2	—
			Owenitidae	Boreomeekoceras keyserlingi (Mojs.)	44/302	1016	33—38	1,3	55,0±0,2	1,0
				То же	45/802	76	35—36	0,7	80,0±0,2	0,25
				»	45/802	76	25—30	0,65	80,0±0,2	0,60
				»	46/802	1200	16—18	0,6?	65,0±0,2	0,50
				Prosphingites czekanowskii Mojs.	47/302	1095	21—22	0,5?	55,5±0,2	0,50
				То же	47/802	1095	9—14	1,5	88,5±0,2	0,50
Prionitidae	Prionitidae	»	47/302	1095	5—8	—	71,5±0,2	0,32		
		»	48/802	1256	18—19	0,5	55,5±0,2	0,42		
		»	48/302	1256	18	0,4	55,5±0,2	0,40		
		»	48/302	1256	6—13	0,35	73,5±0,2	1,00		
		»	49/802	1095	9—13	0,35	68,0±0,2	—		
		»	49/802	1095	9—13	0,35	68,0±0,2	—		
Sibiritidae	Sibiritidae	Hemiprionites sibiricus (Mojs.)	50/802	1267	16—19	0,3—0,4	69,5±0,2	1,00		
		То же	52/802	—	15—17	0,35	56,0±0,2	0,13		
		Sibirites eichwaldi Mojs.	53/802	1032	9—11	0,3?	82,5±0,2	—		
То же	54/802	667	6—7	0,1?	62,5±0,2	—				
»	55/802	1222	2—4	0,1	71,0±0,2	0,42				

Таблица 1 (продолжение)

Подкласс	Надотряд	Отряд	Семейство	Вид	№ экз.	№ раковин	В, мм	Т*, мм	Содержание арагонита, %	Содержание стронция**, %
Ectocochlia	Ammonoidea	Geratitida	Sibiritidae	Olenekites spiralicatus Mojs.	56/802	1323	4—3	0,2	89,0±0,2	0,64
				То же	57/802	818	5,5—7	0,3?	82,0±0,2	1,60
				»	58/802	1077	4,5—6,5	0,2	85,0±0,2	0,64
				Olenekites volutus Mojs.	59/802	1370	3,5—6	0,2?	59,5±0,2	0,50
				Keyserlingites middendorffi (Keys.)	60/802	—	85	2,2	93,5±0,2	1,4
				То же	61/802	523	13—17	0,55	91,5±0,2	1,0
				»	61/802	523	4—10	0,3?	91,5±0,2	0,53
				»	62/802	706	10—15	0,35	99,5±0,2	0,80
				Keyserlingites subrobustus Mojs.	64/802	1165	44,0	1,5	34,0±0,2	—
				То же	65/302	1045	29—36	1,0	47,5±0,2	—
				»	66/802	1064	15—18	0,45	89,0±0,2	1,3
				»	67/802	794	11—18	0,4	47,0±0,2	0,4
				Endocochlia	—	Decapoda	Aulacoerataidae	Atractites aff. boeckhi (Stürz.)	63/802	1168
То же	69/302	1025	20—24					0,3?	96,5±0,2	—

\* Т — толщина раковинного слоя.  
 \*\* Содержание стронция определено спектральным методом.

Следуя за К. Турекьяном и Р. Армстронгом (Turekian and Armstrong, 1961), можно считать, во-первых, что древние головоногие в прижизненном состоянии обладали арагонитовой раковиной, как это имеет место, очевидно, у всех видов современных Nautilus и Spirula, а изменчивый кальцит-арагонитовый состав ископаемых скелетов во всех случаях является результатом диагенетических изменений.

Во-вторых, можно предполагать, что раковины некоторых головоногих моллюсков прошедших веков, обладавшие в общем повышенным содержанием арагонита, могли и в прижизненном состоянии иметь изменчивый минералогический состав. Вместе с тем необходимо учитывать, что диагенетические процессы вызывали, вероятно, те или иные изменения в оригинальном строении даже наиболее хорошо сохранившихся раковин.

Второй вариант возможной интерпретации подкрепляется наблюдениями, которые провели Г. Лоуэнштам (Lowenstam, 1954), Д. Кринсли (Kransley, 1960) и Дж. Дод (Dodd, 1963) над некоторыми современными двустворчатыми и брюхоногими моллюсками, выловленными из морского бассейна в разные месяцы года. Установлено, что моллюски, выросшие в летнее время, имеют более высокое содержание арагонита, чем особи того же вида, прожившие лишь зимний период. Графики зависимости содержания арагонита от длины (или веса) раковины у особей одного вида, родившихся в разные сезоны года, совершенно не совпадают. Приведенный в нашей работе график подобного типа (рис. 1, б) напоминает кривые, построенные на основании изучения американских Mytilus и Lit-

Таблица 2

Содержание аргонита и стронция в перегородках раковин *Keyserlingites*  
из нижнетриасовых отложений приустьевой части р. Оленек

Вид	№ экз.	№ перегородок	В, мм	Ш, мм	Р*, мм	Содержание арагонита, %	Содержание стронция, %
<i>Keyserlingites subrobustus</i> Mojs.	43/802	1	19,9	24,3	3,6	93,0±0,2	—
		2	19,0	24,2	6,4	89,0±0,2	0,44
		3	18,2	23,0	7,0	83,0±0,2	0,84
		4	17,2	21,4	10,8	83,0±0,2	0,27
		5	17,2	21,3	6,2	91,0±0,2	0,27
		6	17,2	20,3	7,1	92,0±0,2	0,30
		7	16,4	21,2	8,6	97,0±0,2	0,30
		8	15,9	21,2	7,1	94,0±0,2	0,20
		9	15,0	19,8	9,0	99,0±0,2	0,26
		10	13,5	17,4	7,2	96,0±0,2	0,28?
		11	13,0	17,6	6,6	94,0±0,2	0,40?
		12	13,1	15,5	5,0	94,0±0,2	0,25
		13	11,6	15,2	5,7	96,0±0,2	0,27
		14	11,0	15,8	5,0	95,0±0,2	—
		15	10,4	13,7	5,2	—	0,14?
		16	10,2	14,4	5,2	97,0±0,2	0,52?
		17	10,2	13,5	5,1	95,0±0,2	—
		18	8,9	12,2	5,0	87,0±0,2	—
		19	8,6	12,0	4,5	86,0±0,2	—
	44/802	1	31,0	44,0	18,1	93,0±0,2	—
		2	—	—	20,5	83,0±0,2	—
		3	—	—	25,2	56,0±0,2	—
		4	—	—	21,0	—	—
		5	—	—	15,7	81,0±0,2	—
		6	17,3	31,0	16,3	89,0±0,2	—
		7	19,0	23,4	14,0	93,5±0,2	—

Таблица 2 (продолжение)

Вид	№ экз.	№ перегородок	В, мм	Ш, мм	Р*, мм	Содержание арагонита, %	Содержание стронция, %
Keyserlingites subrobustus Mojs.	44/802	8	17,2	25,0	13,1	89,5±0,2	—
		9	16,2	23,8	12,8	97,0±0,2	—
		10	14,8	24,2		9,6	83,0±0,2
		11	13,0	26,0	10,2	93,5±0,2	—
		12	12,0	13,5		92,5±0,2	—
	45/802	1	40,0	49,0	23,0	91,0±0,2	—
		2	38,0	44,5	26,0	88,5±0,2	—
		3	34,0	41,2	25,0	96,5±0,2	—
		4	35,0?	33,0	24,0	65,0±0,2	—
		5	31,0	36,0	23,8	82,5±0,2	—
		6	29,0	33,0	19,4	84,5±0,2	—
		7	23,0	23,0	15,5	74,0±0,2	—
		8	23,0	27,5	14,0	89,0±0,2	—
		9	21,0	27,0	12,0	79,0±0,2	—
		10	21,0	26,8	14,2	91,5±0,2	—
		11	—	—	14,2	81,0±0,2	—
		12	16,0	30,0	12,2	74,0±0,2	—
		13	14,5	21,0	11,2	84,0±0,2	—
	63/802	1	50,0	60,0	—	97,0±0,2	0,56
	Keyserlingites middendorffii (Keys.)	46/802	1	8,1	—	3,2	88,5±0,2
2			8,1	—	—	88,5±0,2	—
3			8,0	—	2,6	85,0±0,2	—
4			7,2	—	2,4	88,5±0,2	—
5			7,2	—	2,5	91,0±0,2	—
6			7,2	—	3,0	96,0±0,2	—
7			7,2	—	2,7	94,0±0,2	—
8			7,5?	—	2,1	50,0±0,2	—
9			7,0	—	2,8	91,0±0,2	—
10			6,7	—	2,1	94,5±9,2	—
11			—	—	3,4	—	—

\* Р — Расстояние между соответствующими перегородками.

torina, в раковинах которых изменение содержания арагонита на разных стадиях онтогенеза достигает 25%.

Результаты исследований некоторых цефалопод Арктической Сибири свидетельствуют о том, что рост их раковин был далеко не равномерным. Это можно проследить, например, по изменению высоты и ширины оборотов раковины на разных стадиях индивидуального развития, а также по изменению расстояний между перегородками, отражающими в какой-то мере соответствующий прирост тела моллюска в длину (рис. 1, а, в).

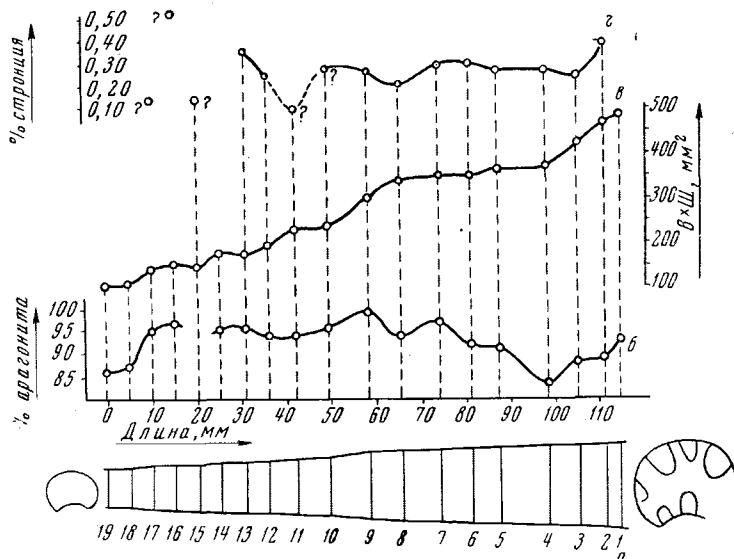


Рис. 1. *Keyserlingites subrobustus* Mojsisovics; экз. № 43/802 при  $V = 8,6-19,9$  мм; а — «выпрямленный» фрагмент паружного оборота раковины и его перегородки, вид сбоку ( $\times 1$ ) (цифрами обозначены номера перегородок); б — кривая содержания арагонита в перегородках паружного оборота раковины; в — кривая темпа прироста площади перегородок (площадь ориентировочно подсчитана по произведению  $V \times Ш$ ); г — кривая содержания стронция в перегородках паружного оборота раковины; р. Оленек, левобережье ручья Менгилех; оленекский ярус

Учитывая замечание Лоуэнштама (Lowenstam, 1954) о том, что изменение скорости роста скелета может находить отражение в его минералогии, мы попытались проследить подобную зависимость на некоторых экземплярах *Keyserlingites subrobustus*, однако установить какую-либо определенно выраженную закономерность для поздних стадий развития их скелета нам не удалось. Полученные данные не являются, вероятно, несомненным свидетельством того, что изменчивость минералогического состава раковин вызвана только процессами диагенеза, поскольку изменение внешних условий, сказывающееся в той или иной мере на росте скелета, на некоторых стадиях индивидуального развития может вообще не отражаться на его минералогии (Dodd, 1967).

ЗАВИСИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ СТРОНЦИЯ И МАГНИЯ  
ОТ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА РАКОВИНЫ

Анализируя полученный нами материал, легко заметить, что хорошо сохранившиеся раковины цефалопод Арктической Сибири обладают более высокими концентрациями стронция, чем диагенетически измененные, чисто кальцитовые раковины из Приморья, Запада США и Сахалина, что подтверждает широко распространенное представление о существовании зависимости между концентрациями стронция и минералогическим строением соответствующего скелета. Содержание стронция в кальцит-арагопитовых раковинах достигает 2,2% и в среднем составляет 0,62% (47 анализов). В кальцитовых раковинах концентрация стронция достигает 0,06% и составляет в среднем 0,056% (девять анализов). По-видимому, переходу первичного арагонита в кальцит в данном случае предшествовал вынос стронция.

Данные, приведенные в табл. 1, не обнаруживают какой-либо закономерности, позволяющей различить по содержанию стронция хотя бы крупные таксоны ископаемых цефалопод (подклассы, подотряды, отряды). Вместе с тем, детально исследуя одну из раковин *Keyserlingites subrobustus*, нам удалось заметить слабо выраженную тенденцию, по-видимому, прямой зависимости между содержанием стронция и арагонита в переродках раковины (рис. 1, б, в). К сожалению, этот эксперимент проделан лишь на одном экземпляре и требует проверки; тем не менее можно говорить, как правило, о непостоянных содержаниях стронция в разных участках одной и той же раковины, что наблюдалось на нескольких экземплярах.

Полнее судить о содержании стронция в раковинах можно по атомному отношению  $Sr/Ca \times 1000$ , подсчитанному для трех видов цефалопод из отрядов Ceratitida и Decapoda (табл. 3):

Таблица 3

Вид	№ экз.	В. мм	Содержание кальция, %	Содержание стронция, %	$Sr/Ca \times 1000$ (атомн.)
<i>Boreomeekoceras keyserlingi</i> (Mojs.)	45/302	35—36	33,03	0,25	3,0
<i>Keyserlingites midden-dorffi</i> (Keys.)	60/302	84—87	38,48	1,40	16,77
<i>Atractites aff. boeckbi</i> (Stürz.)	63/802	40—45	37,27	1,50	18,40

Предварительные данные показывают, что максимальное содержание стронция в наружной части раковины рассматриваемых моллюсков Арктической Сибири в два-три раза выше, чем у цефалопод из карбона Шотландии (Hallam and Price, 1966). Из мезозойских цефалопод довольно высокое содержание стронция ( $Sr/Ca \times 1000 = 9,7 \pm 0,3$ ) известно также у *Bellefinitella americana* из верхнего мела США. Трудно доказать, что такое повышенное содержание стронция в ископаемых раковинах соответствует первичному составу. Не исключено, что высокая концентрация стронция в нашем случае вызвана адсорбцией наружного арагонитового слоя (Turekian and Armstrong, 1961). Если это предположение верно, то становится понятным, почему наружная часть раковин содержит большие концентрации стронция, чем, по-видимому, менее измененные переродки (табл. 1, 2).



Содержание магния в раковинах, очевидно, также зависит от их минералогического состава. Так, концентрация магния в кальцит-арагонитовых раковинах Арктической Сибири колеблется от 0,03% до 1%, причем в отдельных раковинах (экз. № 60/802, 68/802, 45/802) его содержание настолько низкое, что совершенно не улавливается химико-аналитическим методом. В кальцитовых раковинах Приморья, Айдахо и Сахалина магний присутствует в значительных концентрациях (3—10% и более), что является обычным для диагенетически измененных скелетов. Нужно признать, вероятно, справедливое замечание К. Картиса и Д. Криесли (Curtis and Krinsley, 1965), что магний подвержен в диагенезе большим изменениям, чем стронций, и поэтому содержание последнего в ископаемом материале более близко отражает оригинальное строение раковины, чем содержание магния.

Добавим также, что диагенетически измененные кальцитовые раковины исследованных цефалопод, кроме этого, отличаются от хорошо сохранившихся кальцит-арагонитовых экземпляров и значительно повышенным содержанием железа (3—6% вместо 0,5—1%), марганца (6—10% вместо 0,5—3%) и кремния (1—3% и более вместо сотых долей), что согласуется с литературными данными. Концентрации некоторых элементов (Pb, Ti, Cu, Na, Co, Ni, Cr, Ba) примерно в равных количествах встречаются во всех рассматриваемых нами раковинах независимо от их сохранности; отдельные же элементы (Be, As, Sc, Sn, Ga, Zr) обнаружены исключительно во вторично измененных раковинах. Подобное распределение элементов, вероятно, оттеняет те или иные процессы диагенеза.

#### ВЫВОДЫ

1. Раковины раннетриасовых цефалопод Арктической Сибири, несмотря на разнообразие их систематического состава, отличаются довольно высоким содержанием арагонита, достигающим  $99,5 \pm 0,2\%$ . Диагенетически измененные раковины цефалопод из триаса и мела Дальнего Востока и Айдахо сложены высокомагнезиальным кальцитом.

2. Изменчивость минералогического состава перегородок у сибирских цератитов можно интерпретировать двояко. Можно считать, во-первых, что древние головоногие обладали арагонитовой раковиной, как это имеет место у современных *Nautilus* и *Spirula*, а изменчивый минералогический состав ископаемых скелетов во всех случаях является результатом диагенетических преобразований. Во-вторых, можно предполагать, что раковины некоторых вымерших головоногих, обладавшие в общем повышенным содержанием арагонита, могли и в прижизненном состоянии иметь непостоянный минералогический состав, что наблюдается, например, у некоторых современных двустворчатых и брюхоногих моллюсков.

3. Кальцит-арагонитовые и кальцитовые (диагенетически измененные) раковины цефалопод отчетливо отличаются друг от друга по химическому составу.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Curtis C. D. and Krinsley D. 1965. The detection of minor diagenetic alteration in shell material. *Geochim. et Cosm. Acta*, vol. 29, № 2, p. 71—84.  
Davies T. T. and Hooper P. R. 1963. The determination of the calcite: aragonite ratio in mollusc shells by x-ray diffraction. *Mineral. Mag. and J. Mineral. Soc.*, vol. 33, p. 608—612.

- Dodd J. R. 1963. Paleocological implications of shell mineralogy in two pelecypod species. *J. Geol.*, vol. 71, p. 4—11.
- Dodd J. R. 1967. Magnesium and strontium in calcareous skeletons: a review. *J. Paleontol.*, vol. 41, № 6, p. 1313—1329.
- Hallam A. and Price N. B. 1966. Strontium contents of recent and fossil aragonitic cephalopod shells. *Nature*, vol. 212, p. 25—27.
- Krinsley D. 1960. Magnesium, strontium and aragonite in the shells of certain littoral gastropods. *J. Paleontol.*, vol. 34, № 4, p. 744—755.
- Lowenstam H. A. 1954. Factors affecting the aragonite: calcite rations in carbonate-secreting marine organism. *J. Geol.*, vol. 62, № 3, p. 284—322.
- Stenzel H. B. 1963. Aragonite and calcite as constituents of adult oyster shells. *Science*, vol. 142, p. 232, 233.
- Turekian K. K. and Armstrong R. L. 1961. Chemical and mineralogical composition of fossil molluscan shells from the Fox Hills Formation, South Dakota. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 72, № 12, p. 1817—1828.

Дальневосточный геологический институт  
 ДВ филиала им. В. Л. Комарова  
 Сибирского отделения АН СССР  
 Владивосток

Статья поступила в редакцию  
 27 XII 1968