

N 7, p. 181—240. 34. Smith J. P. The larval coil of Baculites. — Amer. Naturalist, 1901, vol. 35, N 409, p. 39—49. 35. Spinosa C., Furnish W. M., Clenister B. F. The Xenodiscidae, Permian ceratitoid ammonoids. — J. Paleontol., 1975, vol. 49, N 2, p. 239—283. 36. Suess E. Über Ammoniten. Sitzungsber. kön. — Akad. Wiss. Math.-Naturwiss. Kl., 1865, Bd 52, Abt. 1, S. 71—89. 37. Traité de paléontologie. T. 2. Masson et Cie, Editeurs 120, Boulevard Saint-Germain, 1952, 790 p. 38. Treatise on invertebrate paleontology. Pt. L. Mollusca 4. Cephalopoda. Ammonoidea. — Geol. Soc. America. Univ. Kansas Press, 1957, 490 p. 39. Wiedmann J. Ammoniten aus der Vascogotischen Kreide (Nordspanien). I. Phylloceratina, Lytoceratina. — Palaeontographica, 1962, Bd 118, S. 119—237. 40. Zittel K. Handbuch der Palaeontologie. München u. Leipzig, 1884, Abt. 1, Bd 2, 893 S.

Московский
государственный университет

Поступила в редакцию
02.02.83

БЮЛ. МОСК. О-ВА ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ. ОТД. ГЕОЛ., 1984, Т. 59, ВЫП. 3

УДК 569.911.7

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ СТЕБЛЕЙ ИСКОПАЕМЫХ МОРСКИХ ЛИЛИЙ

В. Г. Кликушин

Скелет морских лилий состоял из большого числа разных по форме и размерам табличек. После смерти животного он, как правило, распадался, и поэтому при исследовании ископаемых криноидей в большинстве случаев приходится иметь дело с разрозненными скелетными элементами. На значительные трудности наталкиваются попытки реконструкции скелетов морских лилий, основопоающиеся на изучении отдельных табличек. Однако некоторые выводы о строении стеблей можно сделать, используя данные статистической обработки ископаемого материала.

Членики стеблей (или колумналы) в различных таксономических группах имели разную конструкцию и размеры. Поэтому измеряемые величины в каждом случае разные. У всех колумналей может быть измерена высота (h — рис. 1, а, б, в), для круглых члеников нетрудно замерить диаметр (D — рис. 1, а).

Если сечение стебля эллиптическое, как у Bourgueticrinida или Thiollierinidae, замеряются длины большого и малого диаметров (D и d — рис. 1, б). Если сечение стебля пятиугольное, как

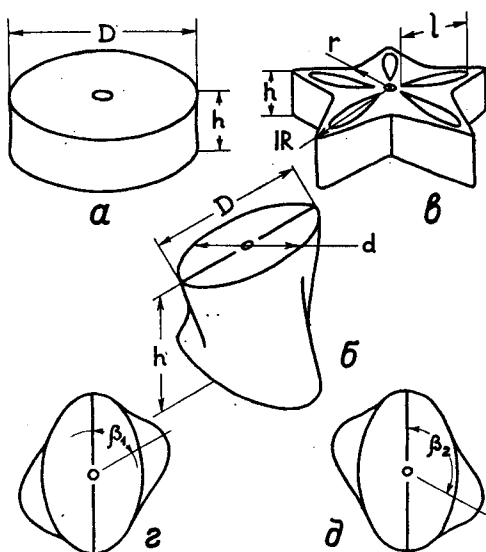


Рис. 1. Основные измерения члеников стеблей морских лилий: а — цилиндрический членик; б — эллиптический членик; в — звездчатый членик; г, д — поворот фулькральных валиков на двух сторонах эллиптического членика (h — высота, d — малый диаметр, D — диаметр, l — длина petals, r — длина радиуса сочленовной поверхности, IR — длина интеррадиуса сочленовной поверхности, β_1 — угол поворота фулькральных валиков в правом членике, β_2 — угол поворота фулькральных валиков в левом членике)

у большинства изокринид, замеряются длины радиуса и интеррадиуса сочленовной поверхности, а также длина petals (r , IR и l — рис. 1, в). У бургуетикринид и сходных по строению стебля криноидей замеряется, кроме того, угол поворота фулькральных валиков на двух сторонах каждого членника (β_1 и β_2 — рис. 1, г, д).

Одной из простейших зависимостей, которую можно получить для стеблей любой конструкции, является функция типа $h=f(D)$. Для ее нахождения используется следующая методика. По представительности коллекции (выборки) и разбросу крайних значений диаметра выбирается число групп, на которые подразделяется изучаемый материал (обычно 5—10). Для каждой группы подсчитывается среднее значение D и h и по сумме точек строится кривая $h=f(D)$. На приведенных графиках (рис. 2) значения h и D проставлены не в абсо-

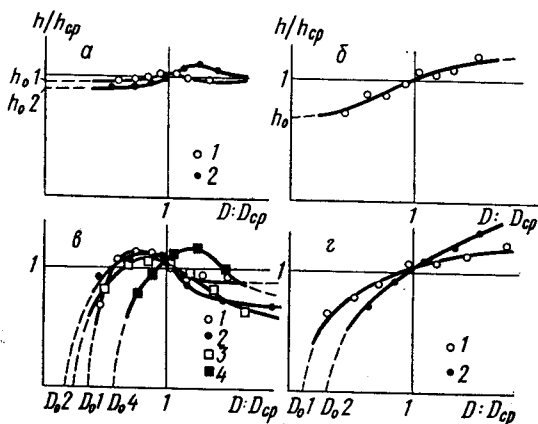


Рис. 2. Кривые $h=f(D)$ для стеблей различных морских лилий: а — кривые первого типа, первого вида (1 — *Austinocrinus erckerti*, 2 — *Percevalicrinus inderensis*); б — кривая второго типа, второго вида (*Cainocrinus gorbachae*); в — кривые первого типа, первого вида (1 — *Bourgueticrinus aequalis*, 2 — *V. fischeri*, 3 — *Tavrocrinus tauricus*, 4 — *Ptilocrinus pinnatus*); г — кривые второго типа, второго вида (1 — *Acrochordocrinus insignis*, 2 — *Bourgueticrinus danicus*) (h — высота членников, h_{cp} — средняя высота членников, h_0 — начальная высота членников, D — диаметр членников, D_{cp} — средний диаметр членников, D_0 — начальный диаметр членников)

лютном исчислении (в мм), а относительно к среднему по выборке значению измеряемых параметров. Последнее делается для того, чтобы кривые, получаемые для разных видов криноидей, можно было бы сопоставить в пределах одного координатного поля. Форма кривых при этом не меняется.

По приведенной выше методике построены кривые $h=f(D)$ для четырнадцати видов морских лилий. Все кривые могут быть разделены на два типа. Для гомогенных по строению стеблей криноидей, т. е. в тех случаях, когда отсутствуют резкие морфологические различия проксимальных и дистальных членников (для *Isocrinida*, например), получены кривые первого типа. При экстраполяции в сторону уменьшения диаметра эти кривые пересекаются с осью h в точках h_0 (рис. 2, а, б). Полученный гипотетический параметр — начальная высота (h_0) — показывает, что в личиночных стеблях изокринид впервые появляющиеся членники имели трубчатую форму с весьма незначительным диаметром, но вполне определенной высотой. При увеличении размеров стебля колумналы очень быстро увеличивали свой диаметр, но их высота менялась в небольшой степени. Этот вывод подтверждается и имеющимся ископаемым материалом.

Наиболее высокие значения относительной начальной высоты отмечаются у *Percevalicrinus inderensis* подсемейства *Balanocrininae* (табл. 1). У изученных представителей подсемейства *Isselicrininae* относительные значения h_0 заметно ниже (*Austinocrinus erckerti* и

Начальные, средние и предельные размеры члеников двух типов и четырех видов стеблей морских лилий
(обозначения параметров см. в тексте)

Тип стебля	Вид кривой	Название вида	Индекс возраста	Местонахождение	Число замеров	$h_{\text{ср}}'$, мм	$\frac{h_0}{h_{\text{ср}}}$	h_0 , мм	$\frac{h_{\infty}}{h_{\text{ср}}}$	h_{∞}' , мм	$D_{\text{ср}}'$, мм	$\frac{D_0}{D_{\text{ср}}}$	D_0 , мм
Гомогенный	1	<i>Percevalicrinus inderensis</i> Klikushin	J _{3v}	Прикаспий	301	1,01	0,97	0,98	0,99	1,00	5,28	—	—
		<i>Austinocrinus erckerti</i> (Dames)	K _{2m}	Туркмения	578	2,35	0,89	2,09	0,89	2,09	14,99	—	—
		<i>Austinocrinus rothpletai</i> Stolley	K _{2ср}	Крым	395	2,39	0,73	1,74	0,92	2,20	3,78	—	—
2	<i>Cainocrinus gorbachae</i> Klikushin	P _{1t}	Крым	515	1,59	0,69	1,09	1,27	2,01	3,52	—	—	
Гетерогенный	1	<i>Bourgueticrinus bellus</i> Klikushin	K _{2ср}	Мангышлак	386	4,58	—	—	0,87	3,98	3,27	0,11	0,37
		<i>Bourgueticrinus fischeri</i> (Geinitz)	K _{2ср}	Туркмения	121	3,80	—	—	0,65	2,47	3,78	0,08	0,30
		<i>Bourgueticrinus aequalis</i> Orbigny	K _{0m}	Крым (ЮЗ)	75	4,33	—	—	0,91	3,94	5,39	0,15	0,83
		<i>Bourgueticrinus aequalis</i> Orbigny	K _{2m}	Крым (В)	196	4,11	—	—	0,91	3,74	7,24	0,22	1,58
		<i>Tavrocrinus tauricus</i> Klikushin	K _{1a1}	Крым	300	1,76	—	—	0,57	1,00	2,73	0,29	0,78
		<i>Ptilocrinus pinnatus</i> Clark	A		257	1,40	—	—	0,73	1,02	2,61	0,48	1,25
	2	<i>Bourgueticrinus danicus</i> Nielsen	P _{1d}	Крым (ЮЗ)	121	3,87	—	—	1,51	5,84	4,85	0,13	0,61
		<i>Bourgueticrinus danicus</i> Nielsen	P _{1d}	Крым (ЮЗ)	461	3,67	—	—	1,51	5,54	4,17	0,09	0,39
		<i>Acrochordocrinus insignis</i> Trautschold	J _{3cl}	Подмосковье	273	6,73	—	—	1,24	8,35	12,86	0,16	2,06
		<i>Acrochordocrinus diomadae</i> Agassiz	A		567	0,90	—	—	1,43	1,29	4,36	0,56	2,44

зрастает
мме длин-
— см.
— длни
вниз,
дн-
от
да-
ли
х-

A. rothpletzi) и минимальны в подсемействе *Metacrininae* (*Cainocrinus gorbachae*).

Кривые гомогенных стеблей могут быть разделены на два вида: первый — с максимумом в средней части (см. рис. 2, а) и второй — без максимума (см. рис. 2, б). При экстраполяции всех кривых в сторону увеличения диаметра получим еще один гипотетический параметр — предельную высоту члеников (h_{∞}), уровень асимптоты, к которой приближаются кривые. Наличие предельной высоты показывает, что при увеличении размеров экземпляра морской лилии наступает момент, когда средняя высота члеников стабилизируется, т. е. не уменьшается (для кривых первого вида) или не возрастает (для второго вида). Если кривые $h=f(D)$ относятся ко второму виду, h_{∞} значительно больше, чем h_{cp} и h_0 (см. табл. 1). Это говорит о том, что при увеличении стебля членики могли относительно свободно расти не только в ширину, но и в высоту. Однако в кривых первого вида предельная высота члеников меньше средней высоты и лишь в небольшой степени превышает их начальную высоту или даже равна ей. Отмеченное обстоятельство говорит об ограниченной возможности роста члеников в высоту при увеличении размеров стебля.

Кривые второго типа при экстраполяции в сторону уменьшения диаметра пересекаются с осью D в точках D_0 (см. рис. 2, в, г). Они были получены для *Bourgueticrinida* и *Huocrinina* с гетерогенным строением стеблей. Существование начального диаметра (D_0) показывает, что в личиночных стеблях изученных форм колумнали представляли собой тончайшие пластинки, ориентированные перпендикулярно осевому каналу, т. е. имели ничтожно малую высоту, но вполне определенный диаметр. При увеличении размеров экземпляра морской лилии членики очень быстро росли в высоту, но их диаметр возрастал в меньшей степени (см. табл. 1). В зависимости от условий обитания бургуетикририд начальный диаметр, т. е. момент начала интенсивного наращивания кальцитового скелета, мог меняться (см., например, *B. aequalis* и *B. dapisus* в табл. 1). Относительный начальный диаметр ископаемых хиокририн больше, чем у бургуетикририд (см. *A. insignis* и *T. tauricus*), и он максимален у ныне живущих представителей подотряда (*P. pinnatus* и *C. diomedae*)¹.

Кривые второго типа, так же как и первого, делятся по форме на два вида — с максимумом в средней части (см. рис. 2, в) и без него (см. рис. 2, г). При экстраполяции кривых в сторону увеличения диаметра получим, как и прежде, предельную высоту члеников (h_{∞}). У криноидей, стебли которых дают кривые первого вида, предельная высота меньше средней, но при кривых второго вида — больше (см. табл. 1).

Приведенные цифры показывают, что все изученные морские лилии делятся на две большие группы. В личиночных стебельках криноидей первой группы колумнали имели трубчатую форму и в процессе филогенетического развития быстро наращивали свой диаметр. При этом их высота оставалась почти постоянной не только в крупных и колкких стеблях, но и в проксимальной и дистальной частях одного нялятя (отклонения от средней высоты не превышали десятых дося исм). Поскольку и диаметр и высота члеников вдоль одного стб-

Нити не менялись, стебель был назван гомогенным. По имеющим-чаютсяным, к первой группе относятся только представители отряда (табл. 1) —

относите-еры члеников стеблей ныне живущих *Huocrinina* сделаны по изображе-еденным в работах [5] (*C. diomedae*) и [6] (*P. pinnatus*).

Isocrinida, т. е. морские лилии, прикреплявшиеся к субстрату свободноподвижными боковыми циррусами, собранными в мутовки.

В стебельках юных экземпляров второй группы членики имели дисковидную форму и в процессе развития индивида быстро росли как в высоту, так и по диаметру. В крупных экземплярах высота члеников во много раз превышала начальную высоту и, более того, высота и диаметр члеников из разных частей одного стебля были резко различны. Поэтому второй тип стеблей назван гетерогенным. Все изученные представители второй группы (*Bourgueticrinida* и *Hyocrinina*) неподвижно прикреплялись к субстрату утолщенным дистальным диском или радикулярными циррусами. Можно предположить, что *Millegicrinida*, стебли которых здесь не анализировались, также относятся ко второй группе, так как они прикреплялись к грунту массивными корневыми образованиями.

Форма личиночных колумналей и тип построения стебля (гомогенный или гетерогенный) имеют, вероятно, чрезвычайно большое значение в систематике подкласса *Articulata*. Если первый из названных аспектов будет подтвержден биологическими исследованиями, таксономия артикулят может быть существенно преобразована.

По внешним морфологическим признакам в большинстве случаев нельзя установить точное положение членика в стебле. Тогда для определения конструкции стебля можно использовать метод аналогий. Так, например, кривая $h=f(D)$ для позднеюрского *Acrochordocrinus* (см. рис. 2, г) сходна с таковой, построенной для таксономически близкого современного *Calamocrinus*. А для последнего известно [5], что диаметр стебля равномерно возрастает дистально. Имея в виду этот факт, а также параметры кривой $h=f(D)$, получим модель стебля *Acrochordocrinus*, где диаметр возрастает дистально, а высота члеников сначала быстро увеличивается, а затем почти не меняется. Аналогия кривых $h=f(D)$ для *Acrochordocrinus* и *Calamocrinus* и таксономическая близость этих родов позволяют предположить, что конусность стебля *Acrochordocrinus* была близка к *Calamocrinus*. Конусность стебля, равная изменению его диаметра на единицу длины, вычисляется по формуле: $K = \frac{D_d - D_p}{L}$, где D_d — диаметр стебля дистально, D_p — диаметр проксимально и L — длина стебля.

Конусность стебля *Acrochordocrinus*, принятая аналогичной *Calamocrinus*, равна 0,010. Дистальный диаметр принят равным диаметру самого крупного имеющегося в коллекции членика стебля (31 мм), а проксимальный диаметр — равным среднему диаметру наиболее проксимальных члеников (10,5 мм). По этим данным длина стебля *Acrochordocrinus* получится равной приблизительно двум метрам. При средней высоте члеников 6,73 мм получим число члеников в двухметровом стебле равным примерно 300.

Для раннемелового *Tavrocrinus* кривая $h=f(D)$ получилась сходной с кривой для таксономически близкого современного рода *Ptilocrinus* (см. рис. 2, в). По аналогии с *Ptilocrinus*, конусность стебля которого равна 0,006 [6], получим основные параметры стебля *Tavrocrinus* (табл. 2).

Изложенный метод нахождения модели и длины стебля по аналогии со сходными формами необходимо использовать крайне осторожно. Гораздо более надежным, но вместе с тем и более сложным является определение параметров стебля, если морфология его члеников позволяет выразить в цифровой форме положение колумналей относительно чашечки. Следует при этом иметь в виду, что определить точные дли-

Основные параметры стеблей пяти видов морских лилий, полученные по биометрическим данным (обозначения параметров см. в тексте)

Название видов	Конусность стебля	D_p , мм	D_d , мм	h_p , мм	h_d , мм	h_{cp} , мм	Максимальная длина стебля, см	Число членков	Модель стебля (рисунок)
<i>Acrochordocrinus insignis</i>	0,0100	10,5	31,0	?	?	6,73	200	300	—
<i>Tavrocrinus tauricus</i>	0,0060	3,9	5,7	?	?	1,76	50	300	—
<i>Bourgueticrinus aequalis</i>	0,0104	4,5	10,4	4,25	3,56	4,11	60	140	3, в
<i>Percevalicrinus inde- rensis</i>	0,0060	4,4	3,6	0,99	1,02	1,01	130	1300	4, а
<i>Austinocrinus ercker- ti</i>	0,0026— 0,0067	11,0	12,4	1,96	2,03	2,35	430	1800	4, б

рядковый номер» членка (первый, второй или десятый от чашечки) нельзя, можно лишь найти принадлежность его к той или иной части стебля (проксимальной, средней, дистальной).

Для большинства бургуетикринид показателем положения членка в стебле является эксцентриситет его артикулула ($\epsilon = \frac{D-d}{D}$).

Членки из проксимальной части стебля чаще всего круглые ($\epsilon=0$), а из дистальной — эллиптические. Одновременно с изменением эксцентриситета артикулулов вдоль стебля происходит изменение высоты и диаметра членков. Для нахождения зависимостей типа $h=f(\epsilon)$ и $D=f(\epsilon)$ используется та же методика, что и при нахождении функции $h=f(D)$. Модели стеблей строятся следующим образом. Проводится произвольной длины вертикальная ось $d-p$ (дисталь—проксималь). Она делится на отрезки, пропорциональные числу членков в группах, на которые делилась выборка при нахождении функций $h=f(\epsilon)$ и $D=f(\epsilon)$. Порядок следования отрезков сверху вниз соответствует возрастающим значениям эксцентриситета, т. е. от проксимальной к дистальной части стебля. В середине каждого отрезка проводится горизонтальная линия и на ней откладываются значения диаметра (в обе стороны от вертикальной оси по $r=0,5D$). Полученная фигура делится горизонтальными отрезками на части, высота которых пропорциональна средней высоте членков в избранных группах, а число частей равно числу групп. Построенная таким образом модель дает представление об общем виде искомого стебля, о характере изменения высоты членков в нем, хотя ее пропорции и искажены. Изложенную методику построения модели стебля нельзя использовать при привлечении аналогий (см. выше), так как там неизвестно, в каком порядке и должны располагаться отрезки для нанесения значений диаметра и высоты членков.

Форма моделей стеблей заметно различается у разных видов рода *Bourgueticrinus*. У *B. fischeri*, например (рис. 3, а), стебель расширяется под чашечкой и имеет цилиндрическую форму в дистальной части, высота членков быстро уменьшается вниз вдоль стебля. У *B. bellus*

(рис. 3, б) стебель резко расширяется в прикорневой части, а высота членков максимальна в середине стебля. У *B. aequalis* (см. табл. 2, в) стебель равномерно расширяется вниз, а высота членков относительно максимальна под чашечкой. И наконец, у *B. dapicus* (см. рис. 3, г)

почти цилиндрический, слегка сужающийся под чашечкой и

в прикорневой части и состоящий из одинаковых по высоте члеников.

Для определения длины стебля и числа содержащихся в нем члеников выведенных моделей недостаточно. Нужно знать еще и конусность стебля. Имеющийся в распоряжении автора фрагмент стебля *V. aequalis* длиной 58 мм имеет конусность 0,0104. Определенные на этом основании параметры стебля приведены в табл. 2.

У изокринид, имеющих пятилучевое сечение стебля, показателем положения членика является звездчатость: $Z = \frac{IR-r}{IR}$ [3]. Под чашечкой звездчатость максимальна, а дистально стебель часто становится круглым ($Z=0$). С этой точки зрения была проанализирована коллекция стеблевых остатков *Percevalicrinus indereis* и составлена

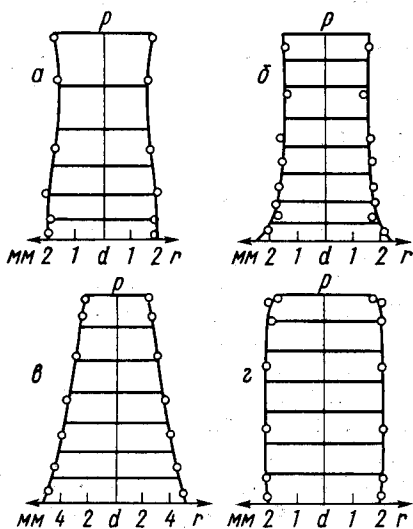


Рис. 3. Модели стеблей для видов рода *Bourgueticrinus*: а — *V. fischeri*; б — *V. bellus*; в — *V. aequalis*; г — *V. danicus* (*d* — дисталь, *p* — проксималь, *r* — длина радиуса члеников)

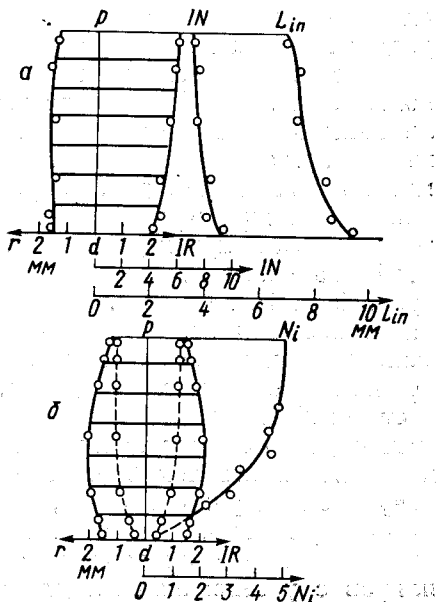


Рис. 4. Модели стеблей для видов отряда изокринид: а — *Percevalicrinus indereis*; б — *Austinocrinus erckerti* (*d* — дисталь, *p* — проксималь, *r* — длина радиуса члеников, *IR* — длина интеррадиуса члеников, *IN* — число интернодалей, *Lin* — длина интернодального промежутка, *N_{in}* — среднее число циррусных доколея на нодали или нодалный индекс)

модель стебля для этого вида по приведенной выше методике. Поскольку длина интеррадиуса (*IR*) и радиуса (*r*) сочленовной поверхности меняется различным образом, то на приведенной модели (рис. 4, а) значения интеррадиуса и радиуса показаны отдельно (справа и слева от оси *d—p*): Модель стебля *P. indereis* отличается от моделей стеблей бургуэтикриид (см. рис. 3) тем, что сужается дистально. Вместе с уменьшением звездчатости, т. е. от чашечки вниз, увеличивается число члеников, заключенных между двумя соседними нодалями, от семи проксимально до девяти дистально (*IN* — см. рис. 4, а). Одновременно, хотя и в незначительной степени, возрастает высота отдельных члеников (от 0,99 до 1,02 мм), так что в сумме дли-

на интернодалных промежутков (L_{in} — см. рис. 4, а) увеличивается от 7 мм проксимально до 9,5 мм дистально. Отмеченные закономерности показывают, что в стебле *Percevalicrinus*, как, по-видимому, и в стеблях многих других изокринид, новые членики образуются не только под базальным кольцом, но и в интернодалных участках, за счет чего дистальные интерноды длиннее проксимальных. Конусность стебля *Percevalicrinus* равна 0,0060 [4]. Полученные на этом основании параметры стебля приведены в табл. 2.

В круглых стеблях других представителей изокринид, относящихся к роду *Austinocrinus*, показателем положения членика в стебле служит относительная длина петли артикулула ($l_0 = \frac{l}{IR}$). В непосредственной близости от чашечки длина петли почти равна длине интеррадиуса сочленовной поверхности, поэтому l_0 близка к единице. Дистально петалоидная розетка уменьшается в диаметре, а вокруг нее появляется лимб (радиально зазубренное поле), ширина которого увеличивается вниз вдоль стебля [2]. Обработанная на этом основании выборка члеников стеблей *Austinocrinus erckerti* позволила построить модель стебля (см. рис. 4, б), на которой пунктиром отмечено изменение диаметра петалоидной розетки (полоса между пунктирной линией и внешним контуром модели — лимб). Модель стебля *A. erckerti* необычна своей веретенообразной формой, однако сужение стебля от средней части вверх и вниз доказывается и замерами, произведенными на имеющихся фрагментах стеблей этого вида, найденных в нижнемаастрихтских отложениях Северного Кавказа (табл. 3). Обобщая приведенные в таблице цифры, можно отметить, что проксимальная часть стеблей небольшого диаметра сужается вверх в незначительной степени, но дистальная их часть сужается вниз гораздо быстрее. В то же время в стеблях большого диаметра на проксимальном участке конусность выражена резче, чем на дистальном. Очевидно, на юных стадиях развития индивида стебель интенсивно рос в длину, при этом дистальный участок заметно отставал в развитии. У крупных экземпляров с установившейся длиной стебля, напротив, шло преимущественное утолщение дистальной части, где располагались мощные циррусы, в проксимальной части стебля отсутствующие.

Таблица 3

Конусность проксимальных и дистальных фрагментов стеблей *Austinocrinus erckerti* (обозначения параметров см. в тексте)

Номера экземпляра	Местонахождение (Северный Кавказ)	Участок стебля	Размеры (в мм)			Конусность
			L	D_p	D_d	
КБ-11-1	р. Баксан	проксимальный	390	14,7	15,7	0,0026
КБ-17-1	р. Баксан	проксимальный	630	16,7	20,6	0,0062
КБ-1-1	р. Кубань	дистальный	130	19,0	18,5	0,0038
КБ-1-2	р. Кубань	дистальный	150	15,5	14,5	0,0067

Вычисленные на основании данных о конусности параметры стебля *A. erckerti* представлены в табл. 2. Вдоль стебля, одновременно с изменением высоты и диаметра члеников, отмечается изменение числа циррусов на нодали (N_i — см. рис. 4, б). Под чашечкой на вновь появляющихся нодалях всегда пять циррусов, но дистально часть из них

атрофируется, так что к середине стебля среднее число циррусных цоколей сокращается до четырех, в нижней части — до двух и в пределе, возможно, до нуля.

Конструкция колуменаей *Bourgueticrinus* (см. рис. 1, б) позволяет определить условную геометрическую гибкость стебля. Подвижность сильно вытянутых, эллиптических сочленений больше, чем круглых, значит, гибкость возрастает при увеличении эксцентриситета артикулумов (ϵ). Фулькральные валики на двух сочленовных поверхностях одного членика образуют между собой определенный угол (β_1 или β_2). Если угол $\beta_1 < 90^\circ$, членик считается правым (см. рис. 1, г), и, если $\beta_2 > 90^\circ$, — левым (см. рис. 1, д). Правые и левые членики в стебле бургуетикринад чередуются. Если фулькральные валики во всем стебле перпендикулярны друг другу, направление преобладающей гибкости (анизотропия $A = \sin \frac{\beta_2 - \beta_1}{2}$) отсутству-

ет, но если они параллельны, анизотропия максимальна и равна единице. Одновременно с увеличением анизотропии возрастает и направленная гибкость стебля [1]. Вместе с тем при возрастании относительной высоты члеников ($H = \frac{h}{D}$) гибкость стебля уменьшается. Поэтому формулу гибкости стебля можно записать так: $F = \frac{\epsilon \cdot A}{H}$ или $F =$

$$= \frac{\epsilon \cdot \sin \alpha}{H}, \text{ где } \alpha = \frac{\beta_2 - \beta_1}{2}$$

Для нахождения значений F выборки по четырем видам *Bourgueticrinus* делились на три группы по эксцентриситету (проксимальную, среднюю и дистальную) и для каждой группы подсчитывались средние значения ϵ , H и α . Поскольку от чашечки дистально возрастает эксцентриситет артикулумов и уменьшается высота члеников, гибкость в нижней части стебля значительно выше, чем в проксимальной (табл. 4). У большинства изученных видов гибкость стебля дистально в десятки раз выше, чем под чашечкой, хотя достигается это различным сочетанием параметров. Так, например, у *B. bellus* относительная высота члеников в проксимальной и средней частях стебля одинакова, а у других видов она равномерно уменьшается дистально. Анизотропия стебля у *B. aequalis* и *B. fischeri* возрастает вниз вдоль стебля, но у *B. bellus* и *B. danicus* максимальна в средней части стебля.

Таблица 4

Изменение гибкости стеблей различных видов рода *Bourgueticrinus* в проксимальной, средней и дистальной частях (обозначения параметров см. в тексте)

Участок стебля	B. aequalis			B. bellus			B. danicus			B. fischeri		
	ϵ	H	α°	ϵ	H	α°	ϵ	H	α°	ϵ	H	α°
	F			F			F			F		
Проксимальный	0,077	0,88	14,5	0,022	1,57	12,4	0,003	0,293	18,5	0,097	0,016	10,2
Средний	0,176	0,63	15,9	0,077	1,57	13,7	0,011	0,295	19,5	0,112	0,073	13,4
Дистальный	0,310	0,37	17,8	0,255	0,85	12,4	0,043	0,314	19,2	0,126	0,152	18,3

Средняя общая гибкость стебля у четырех видов *Bourgueticrinus* и одного вида *Conocrinus* различна (табл. 5). Остатки *B. bellus* собраны в писчем меле, а *B. fischeri* — в известковистых глинах. Сходная подвижность среды, в которой обитали эти виды, приводит к формированию стеблей одинаковой гибкости. Однако одинаковая гибкость достигается различной комбинацией параметров. Членики стеблей *B. aequalis* и *C. tauricus* встречены в песчанистых мергелях. Соответственно и гибкость в несколько раз больше, чем у предыдущих видов, но отдельные параметры, составляющие ее, резко различны. И наконец, членики стеблей *B. danicus* слагают криноидные известняки, образовавшиеся в условиях весьма подвижных вод, и гибкость стебля максимальна. Приведенные данные показывают, что виды, обитавшие в более динамичной обстановке, обладают более гибкими и более анизотропными стеблями. Но разные виды, относящиеся даже к разным родам, обитавшие в сходных условиях, имели одинаковую гибкость стебля.

Таблица 5

Зависимость гибкости стеблей *Bourgueticrinus* и *Conocrinus* от подвижности среды обитания (обозначения параметров см. в тексте)

Название вида	ε	H	α°	F	Вмещающая порода
<i>B. bellus</i>	0,067	1,46	13,3	0,011	писчий мел
<i>B. fischeri</i>	0,060	1,12	12,5	0,012	известковистая глина
<i>C. tauricus</i>	0,310	1,48	20,2	0,072	песчанистый мергель
<i>B. aequalis</i>	0,186	0,71	16,2	0,073	песчанистый мергель
<i>B. danicus</i>	0,300	0,89	18,5	0,107	криноидный известняк

Интересно, что одновременно с увеличением гибкости стебля изменяется и форма чашечек изученных форм. При малой гибкости стебля, как у *B. bellus*, чашечка невысокая, с крупными радиальными и маленькими базальными. Радиальные фасетки большие, а сечение радиального венца пятилопастное. У *B. fischeri* чашечка несколько выше, крупнее и базали, но форма радиального венчика почти такая же, как у *B. bellus*. У *B. aequalis* чашечка цилиндрическая, базали почти равны радиальным по высоте, а сечение радиального венчика лишь в незначительной степени пятилопастное. У *B. danicus* с максимальной гибкостью стебля чашечка веретенообразная и базальный венчик значительно выше радиального, имеющего круглое поперечное сечение. Большие размеры радиалей, крупные обособленные радиальные фасетки чашечек говорят, вероятно, о значительных размерах рук и их относительно большой подвижности в проксимальной части. Поэтому можно предположить, что с увеличением гибкости стебля, т. е. с возрастанием подвижности среды обитания, кроны бургуетикриид уменьшались в размерах. Это и понятно: бургуетикрииды были активными фильтраторами и амбулякральный аппарат кроны служил им для улавливания пищевых частиц. Но если придонные течения доставляли обильную пищу, необходимости в большой разветвленной кроне не было.

В заключение можно отметить, что далеко не все возможные аспекты биометрии стеблей морских лилий, по-видимому, рассмотрены в настоящей работе. Тем не менее на основании статистической обработки данных многочисленных замеров разрозненных колумналей удалось сделать предположения об особенностях ранних (начальная вы-

сота, начальный диаметр) и поздних (предельная высота) стадий онтогенетического развития стеблей, удалось составить модели стеблей и на этом основании определить их длину, число содержащихся в них члеников и характер изменения нодалей и длины интернодов вдоль стебля. Определение геометрической гибкости стеблей бургуетикририд выявило ее увеличение дистально в каждом из экземпляров морской лилии, а также выявило ее прямую зависимость от подвижности морской среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кликунин В. Г. Механика стеблей Bourgueticrinidae. — Палеонтол. журн., 1975, № 1, с. 123—125.
2. Кликунин В. Г. Аустинокринусы Советского Союза. — Палеонтол. журн., 1975, № 3, с. 94—100.
3. Кликунин В. Г. Опыт составления онтогенетической матрицы для стеблей изокририд. — В кн.: Систематика, эволюция, биология и распространение современных и вымерших иглокожих. Л., 1977, с. 30—32.
4. Кликунин В. Г. Морские лилии рода *Percevalicrinus*. — Палеонтол. журн., 1981, № 4, с. 81—90.
5. Agassiz A. *Calamocrinus diomedae*, a new stalked Crinoid. — Mem. Mus. comp. zool. Harvard, 1892, vol. 17, N 2, p. 1—95.
6. Clark A. H. A new species of Crinoid (*Ptilocrinus pinnatus*) from the Pacific Coast, with a note on *Bathycrinus*. — Proc. U. S. Naev. Mus., 1907, vol. 32, N 1547, p. 551—554.

Ленинградский
горный институт

Поступила в редакцию
05.10.82

БЮЛ. МОСК. О-ВА ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ. ОТД. ГЕОЛ., 1984, Т. 59, ВЫП. 3

УДК 553.64 : 551.782 : 551.417(265)

О НЕОГЕНОВЫХ ФОСФОРИТОВЫХ РУДАХ ТИХООКЕАНСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

В. Н. Силантьев, Г. А. Сорокина, В. И. Покрышкин

Особенности и степень изученности геологического строения восточных районов страны пока не позволяют достаточно уверенно выделить конкретные площади, перспективные для открытия крупных месторождений богатых фосфоритовых руд. В связи с этим появилась необходимость оценить перспективы выявления здесь месторождений с рудами, бедными, но легкообогатимыми, из которых простыми способами можно получать высококачественные фосфатные концентраты, удовлетворяющие требованиям промышленности [25]. С указанной позиции ниже рассмотрены фосфориты и фосфатные породы¹ морских неогеновых отложений Тихоокеанского подвижного пояса (ТПП), северо-западная часть которого расположена в пределах СССР.

ТПП представляет собой крупнейшую планетарную структуру, почти непрерывным кольцом околнуривающую базальтовое ложе Тихого океана. Морские отложения неогена распространены в приокеанической зоне пояса, охватывающей Сахалин, Камчатку, Курильские, Командорские и Алеутские острова, Тихоокеанское побережье Американских континентов, прибрежные части Новой Зеландии и Австралии, острова Индонезии, Филиппин и Японии [9, 11—13]. Сведения по неогеновым фосфатсодержащим породам в объеме, необходимом для сопоставлений и обобщений, имеются только для территории Сахалина, Камчатки, Северной и Южной Америки.

¹ Фосфатные породы содержат 1—18% P_2O_5 , фосфориты — более 18% P_2O_5 .