

Отчетная сессия ЗИН РАН
12-14 апреля 2016 г.

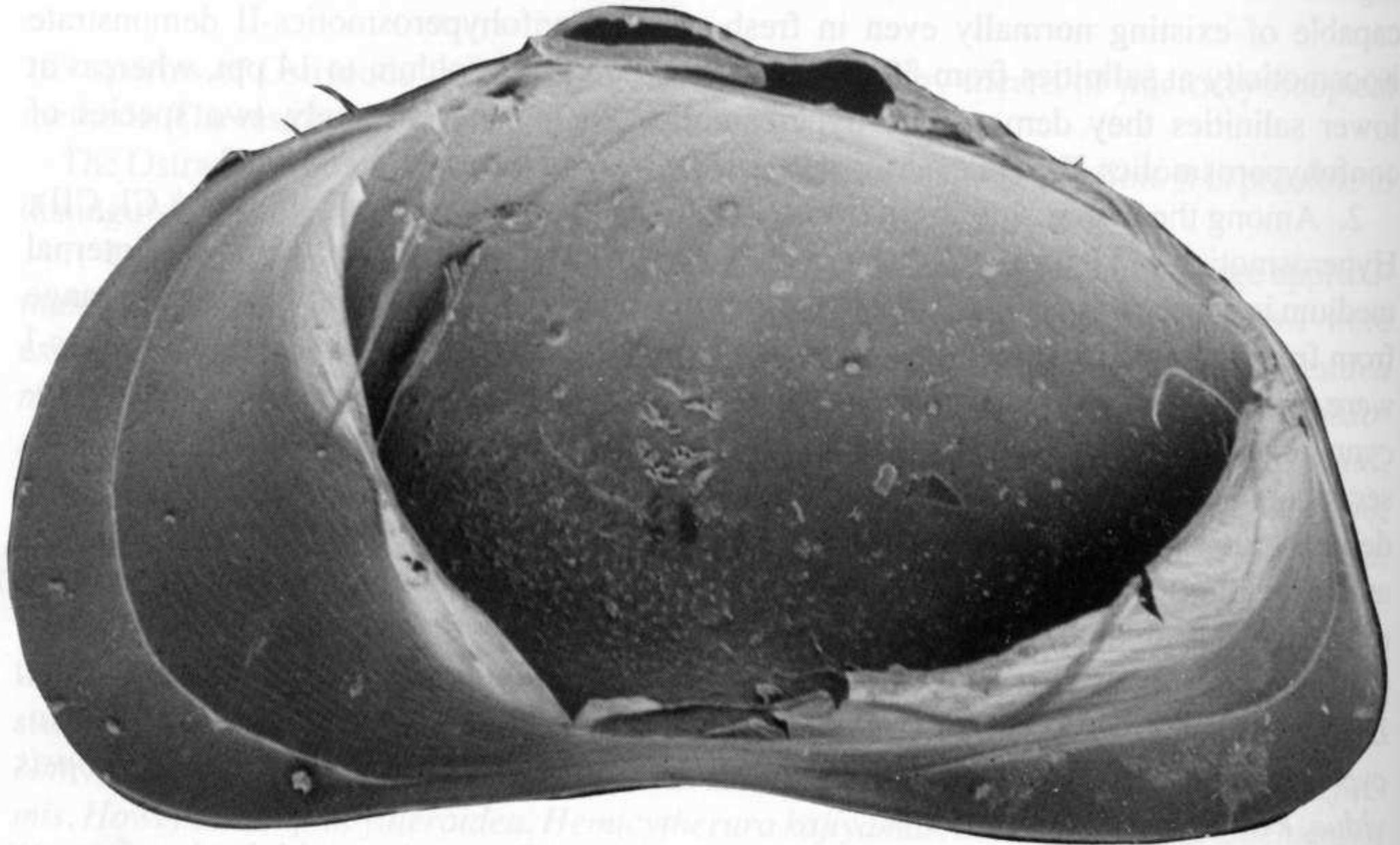
**НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ
ОСМОРЕГУЛЯТОРНЫХ
СПОСОБНОСТЯХ И СОЛЁНОСТНЫХ
АДАПТАЦИЯХ РАКУШКОВЫХ И
ЖАБРОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ**

Вечернее заседание 12 апреля

Н.В. Аладин, Д. Кайзер*,
И.С. Плотников, А.О. Смуров

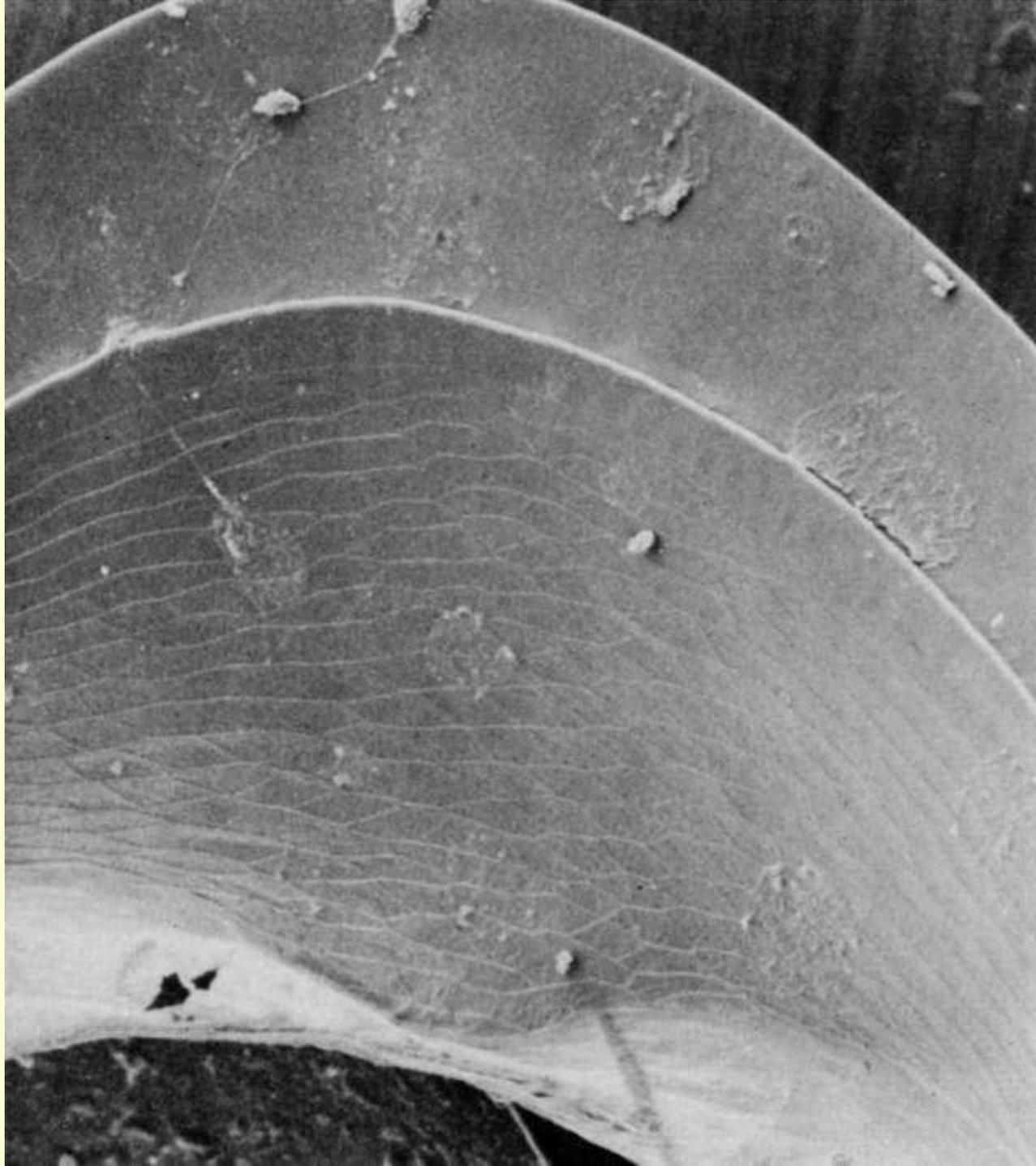
*Гамбургский университет, Германия

Общий внутренний вид правой створки ракушкового ракообразного из Австралии *Mytilocypris praenuncia*



Клетки необызвествлненной ламеллы участвуют в процессах осморегуляции

Передний участок необызвествленной зоны внутреннего листка раковины
правой створки *Mytilocypris praenuncia*



Большое увеличение переднего участка необыкновенной зоны
внутреннего листка правой створки *Mytilocypris praenuncia*



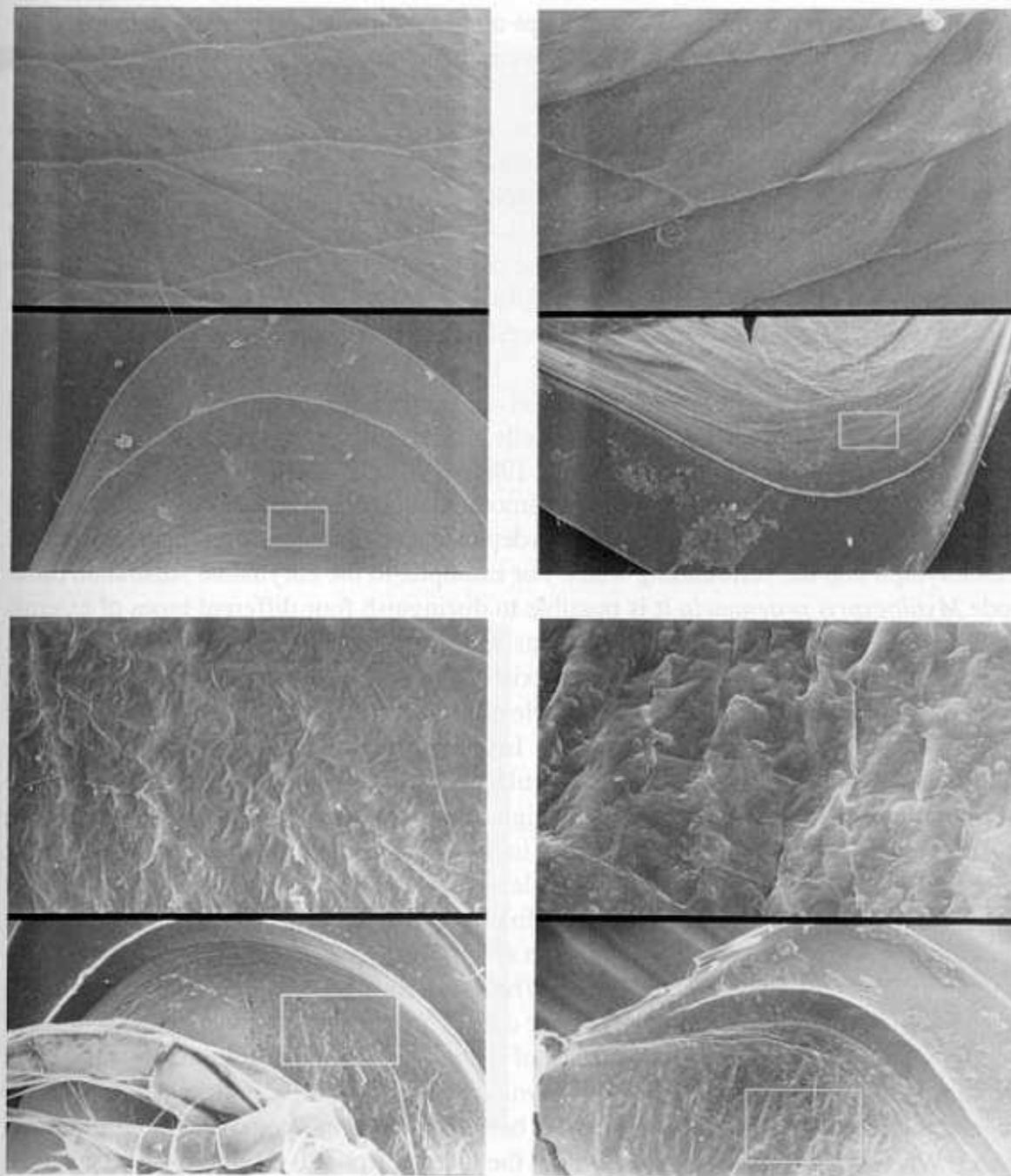
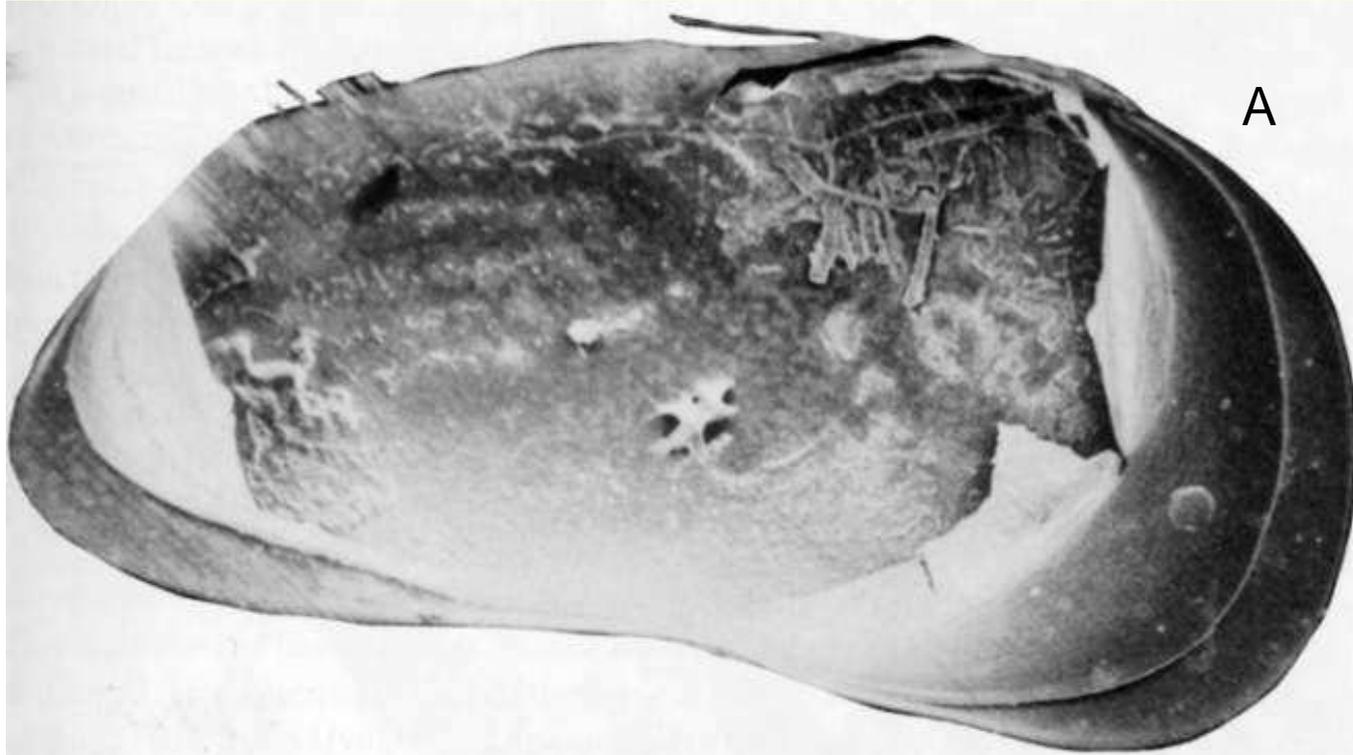


Figure 3. A-D: General view of the anterior and posterior parts of the non-calcified zone of the inner shell layer of *Mytilocypris praenuncia*, raised under laboratory conditions. Anterior view on left, posterior view on right. A-B, within the salinity interval from 4 ppt to 8 ppt, more seldom to 12 ppt. Cells have clear borders but the numerous holes or depressions in the cuticle are lacking. C-D, within the salinity interval from 8-12 ppt to 20-24 ppt. It is impossible to distinguish either holes or depressions in the cuticle or even cell borders.

Mytilocypris praenuncia



А – общий внутренний вид левой створки

В – передний участок необызвествленной зоны внутреннего листка левой створки раковины

С – большое увеличение переднего участка необызвествленной зоны внутреннего листка левой створки раковины

В

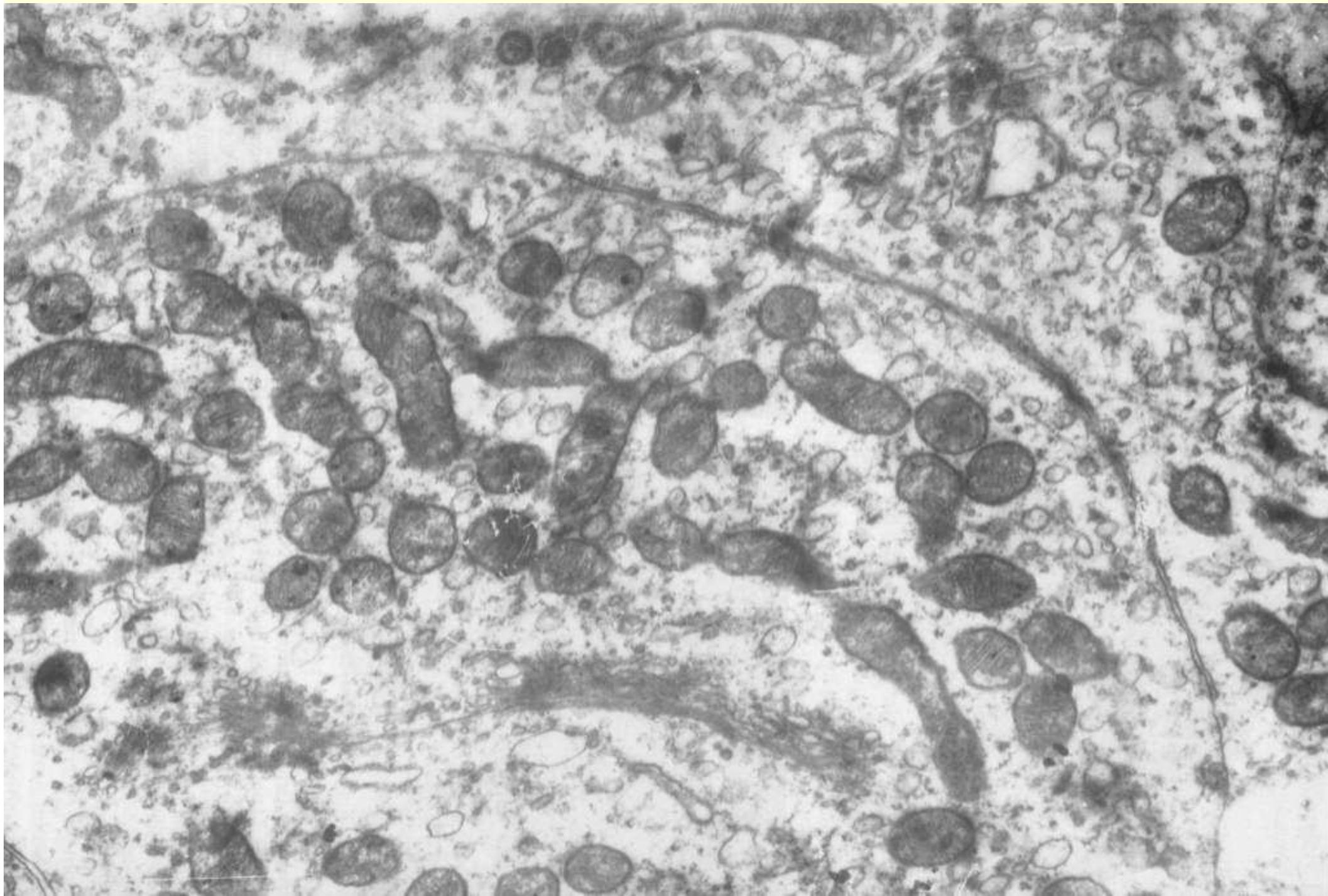


С

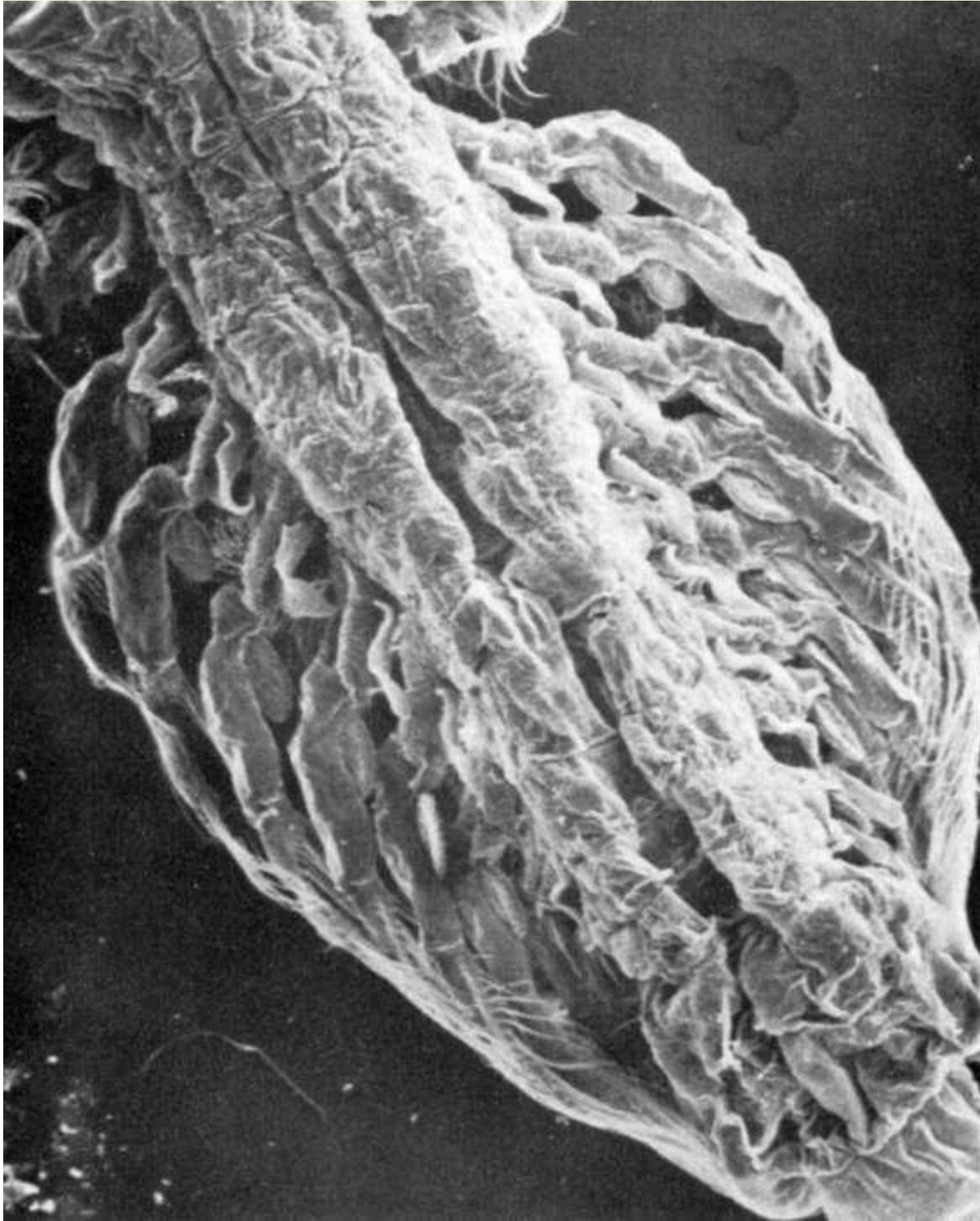


В гипергалинных условиях на необызвествленной ламелле в процессе линьки возникают специализированные осморегуляторные структуры

Базальная зона ионтранспортирующей клетки солевой железы
Mytilocypris praenuncia

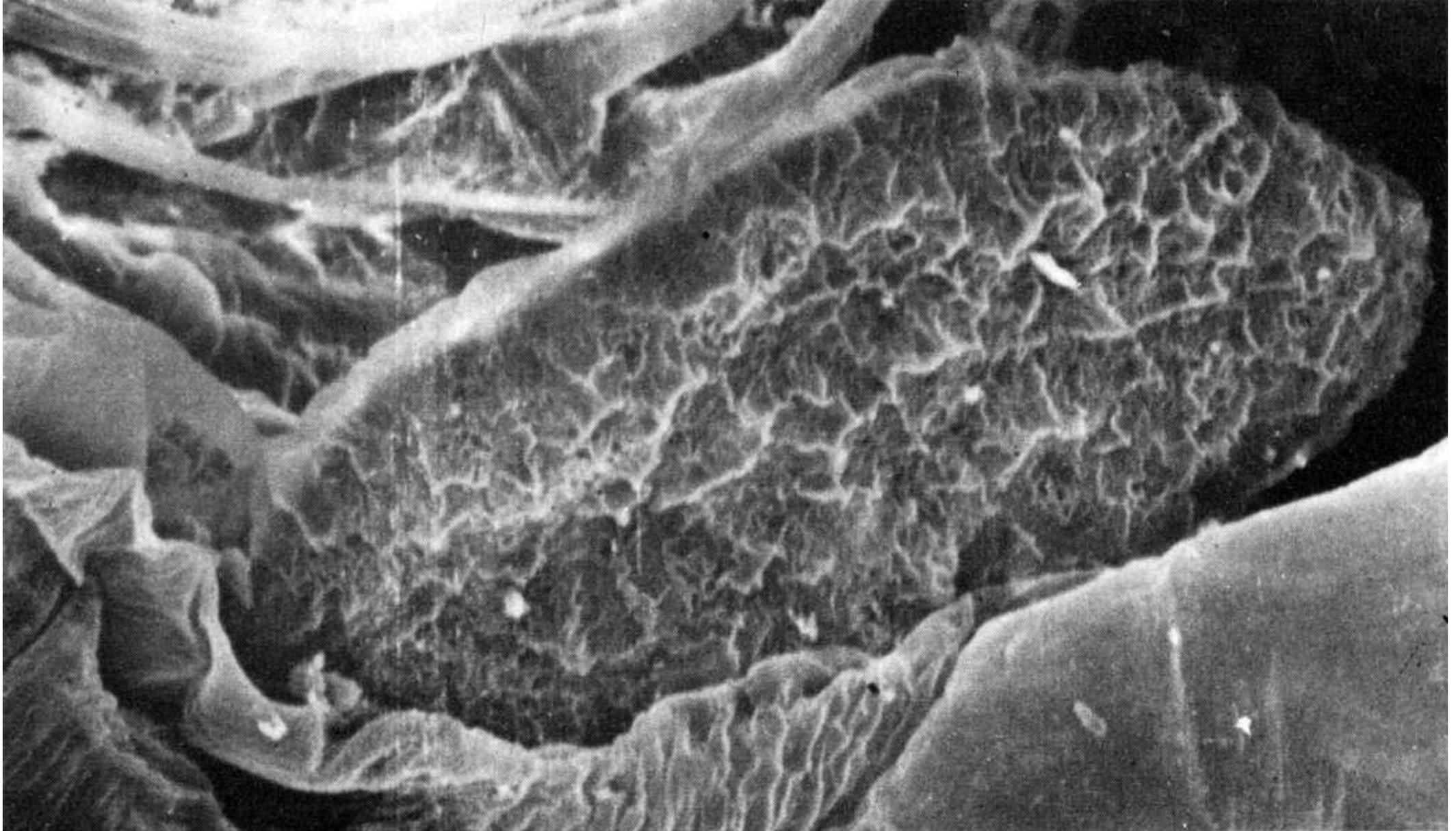


Общий вид со спинной стороны торакального отдела
эвригалинного жаброногого ракообразного *Artemia salina*



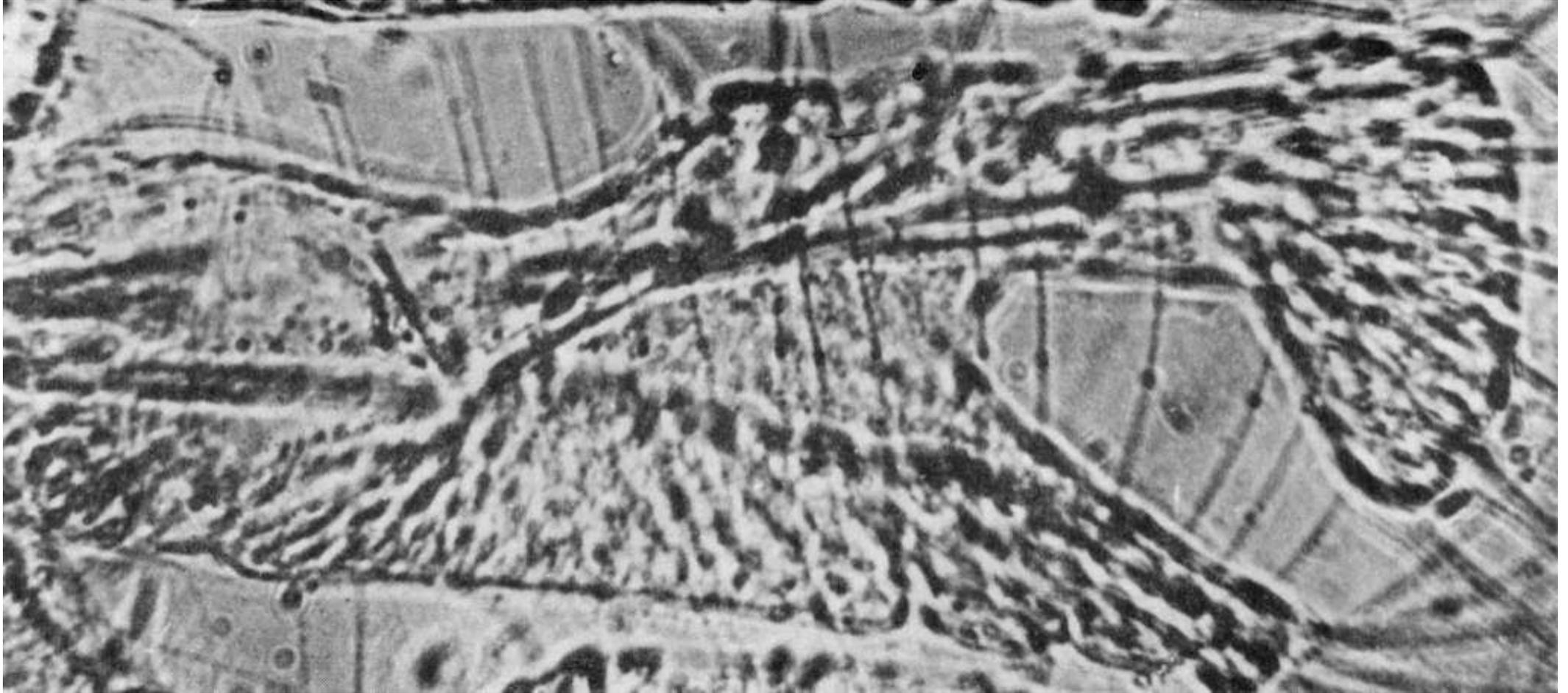
У взрослых *Artemia* в
осморегуляции участвуют
специализированные клетки жабр

Жаберный придаток торакальной конечности *Artemia salina*



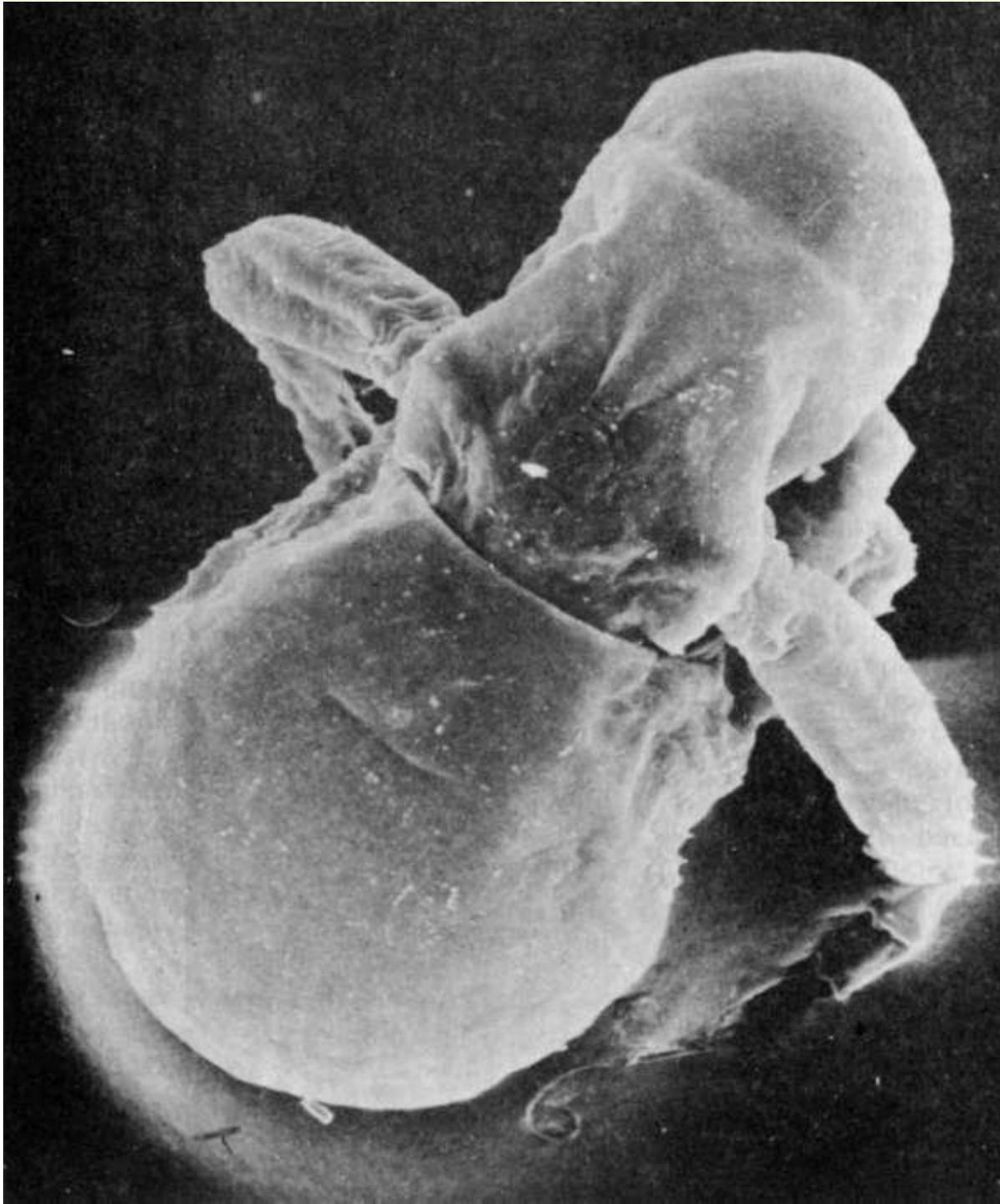
Среди клеток, выполняющих респираторную функцию присутствуют специализированные осморегуляторные клетки

Жаберный придаток и торакальная конечность морского ветвистоусого ракообразного *Penilia avirostris*



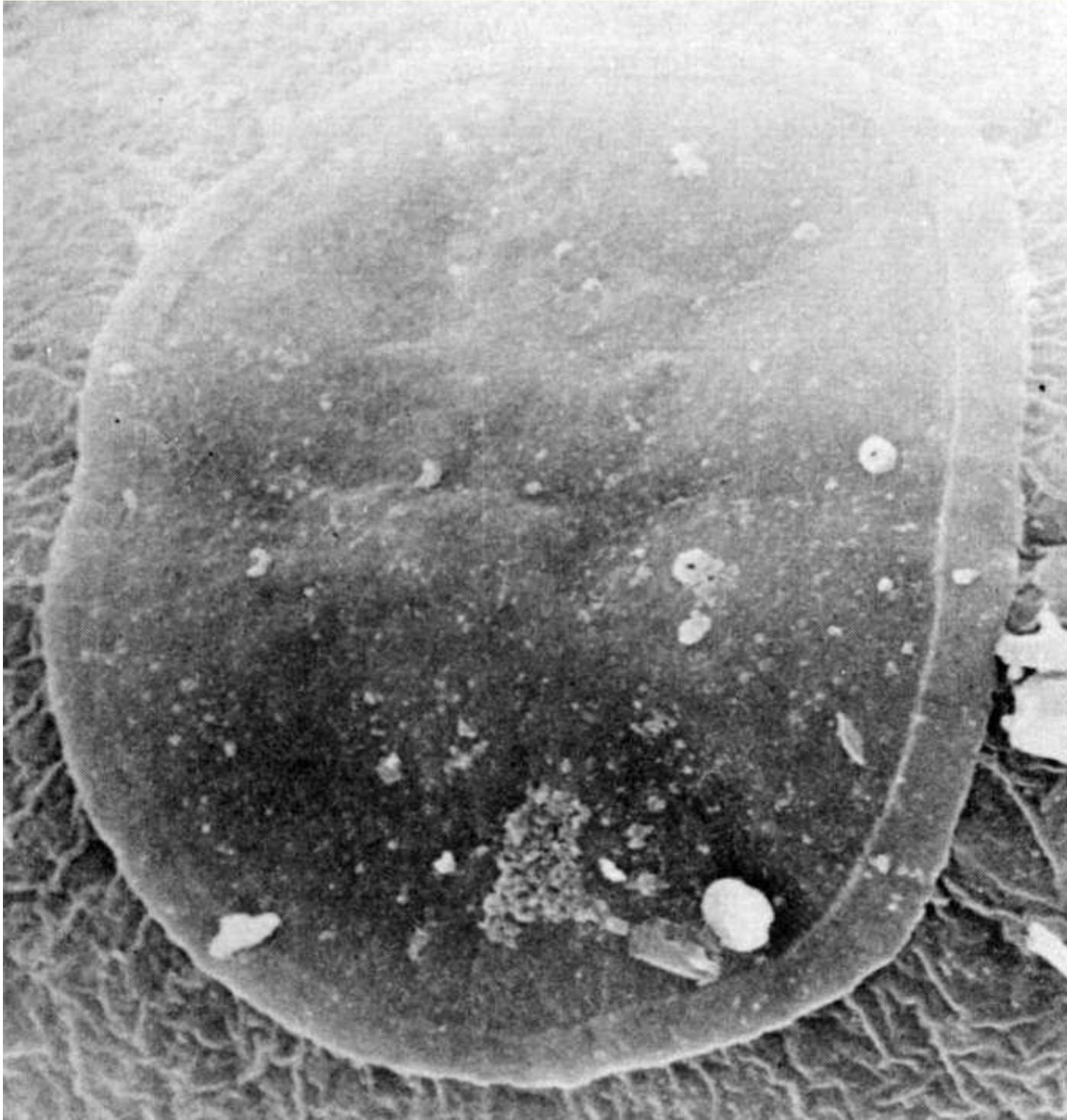
Среди клеток, выполняющих респираторную функцию присутствуют специализированные осморегуляторные клетки

Общий вид со спинной стороны морского ветвистоусого
ракообразного *Podon leuckarti*



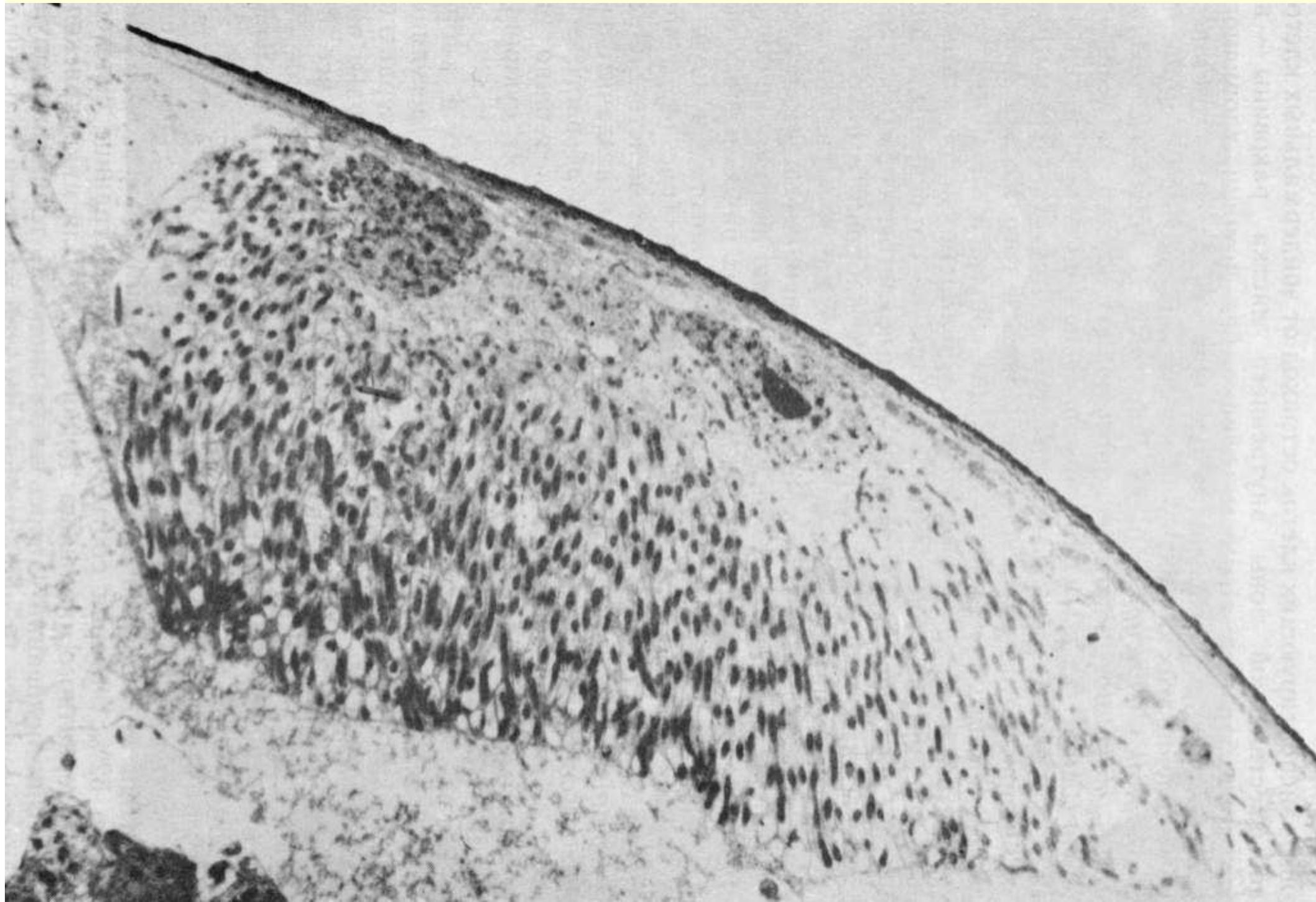
У морских Podonidae функцию осморегуляции выполняют клетки затылочного органа

Большое увеличение затылочного органа *Podon leuckarti*

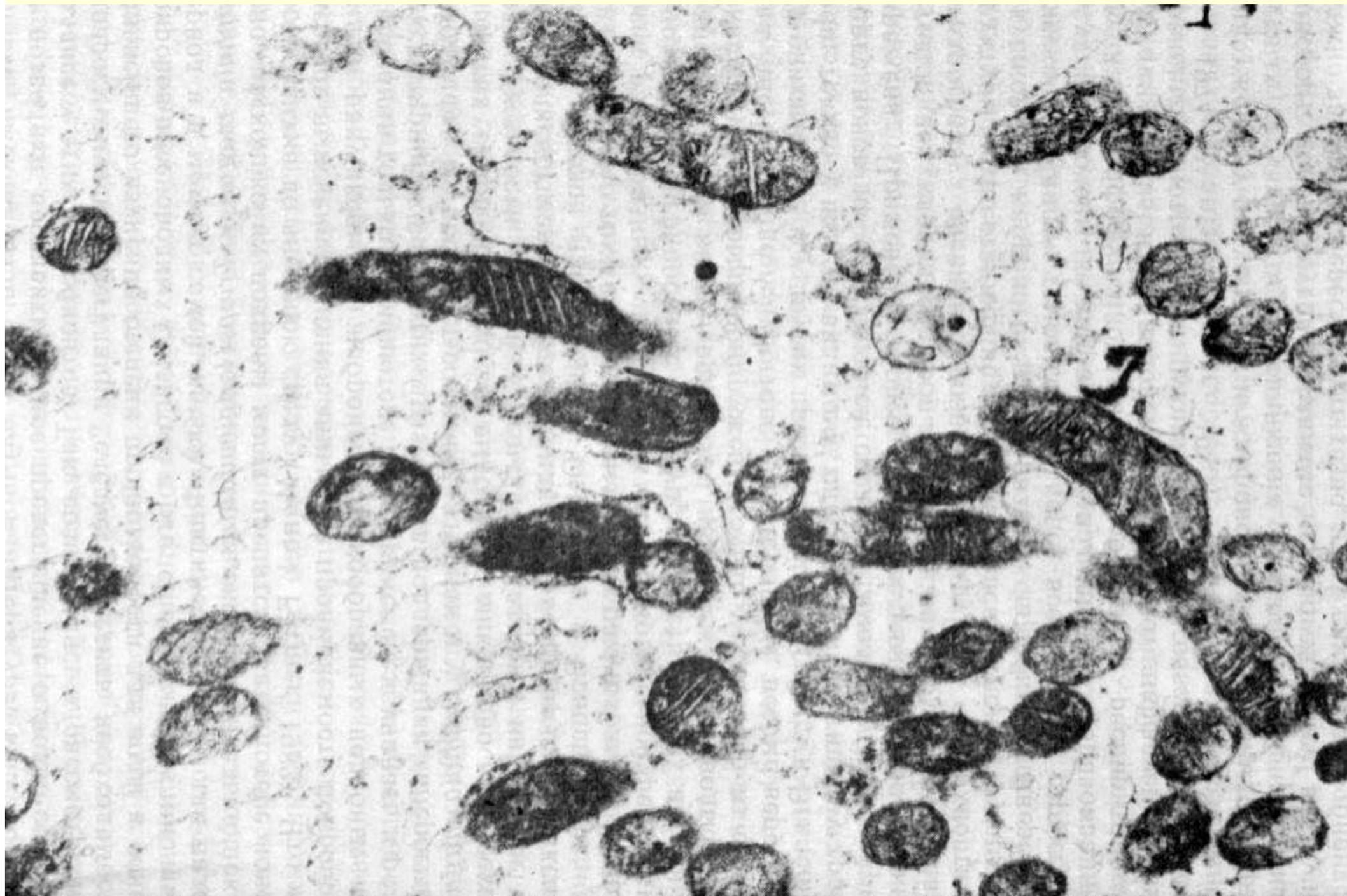


Кутикула затылочного органа значительно тоньше остальной кутикулы головного отдела

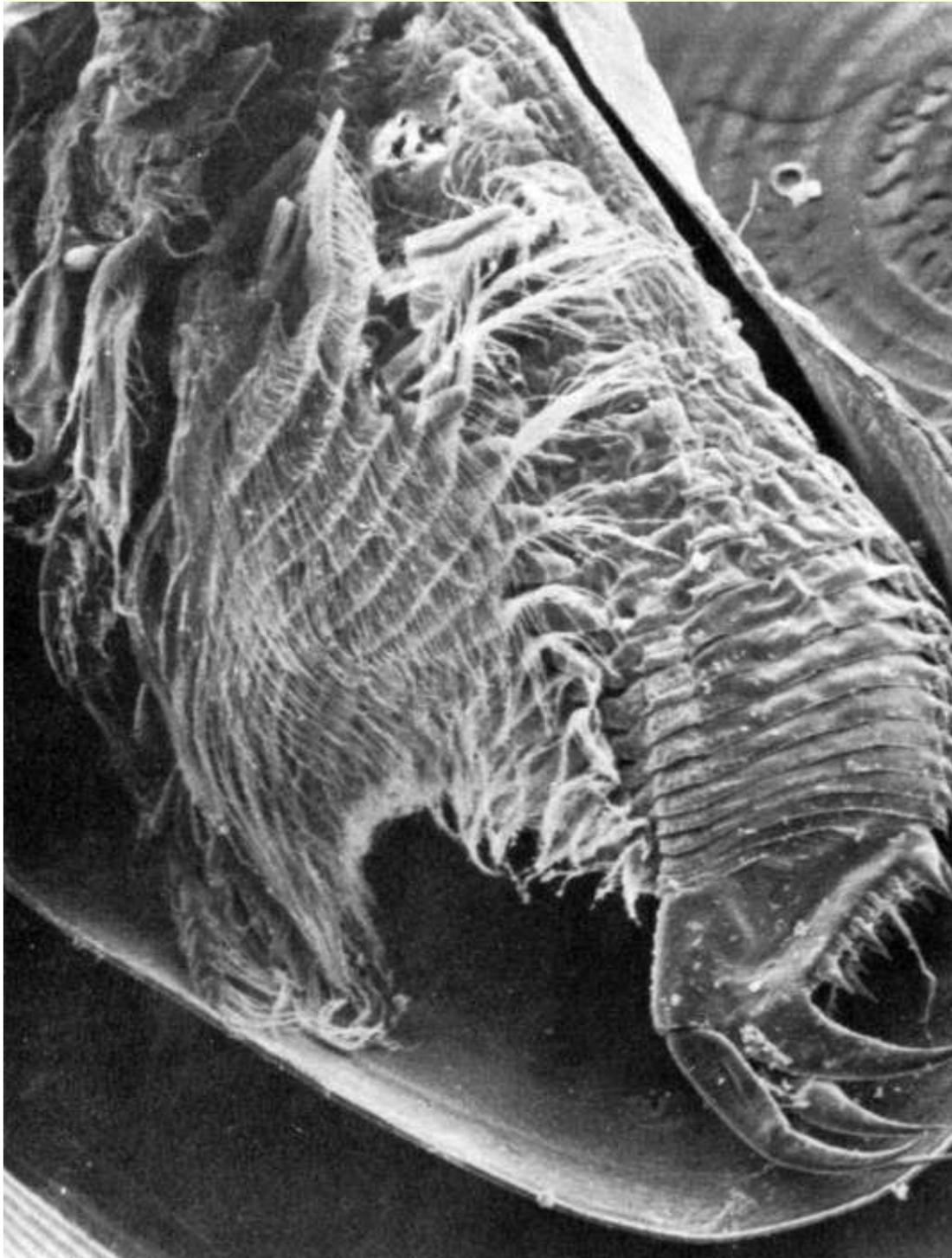
Сагиттальный срез затылочного органа морского ветвистоусого
ракообразного *Evadne nordmanni*



Базальная зона ионтранспортирующей клетки затылочного органа
Evadne nordmanni

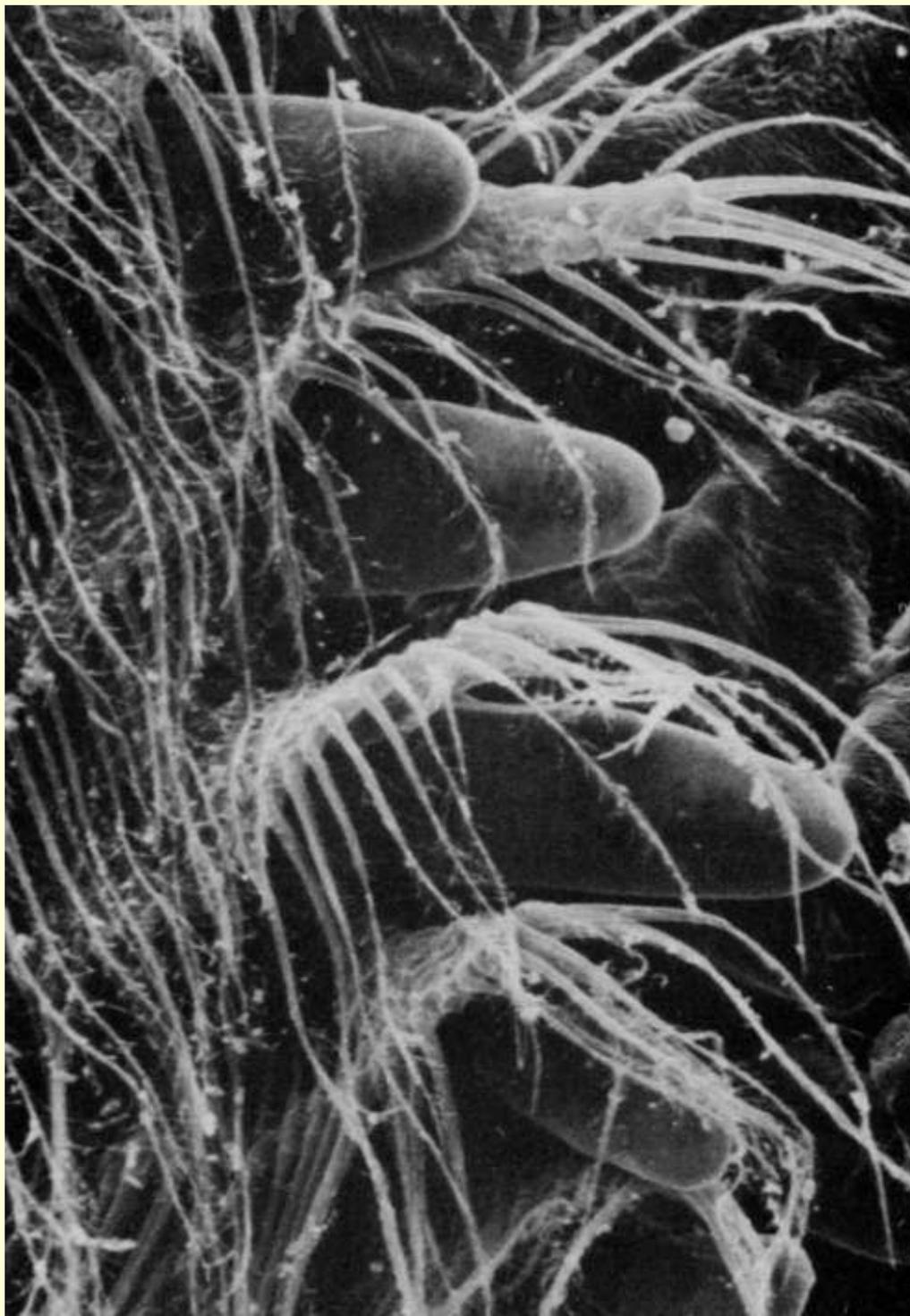


Общий вид пресноводного жаброногого ракообразного конхостраки
Cyzicus tetracerus

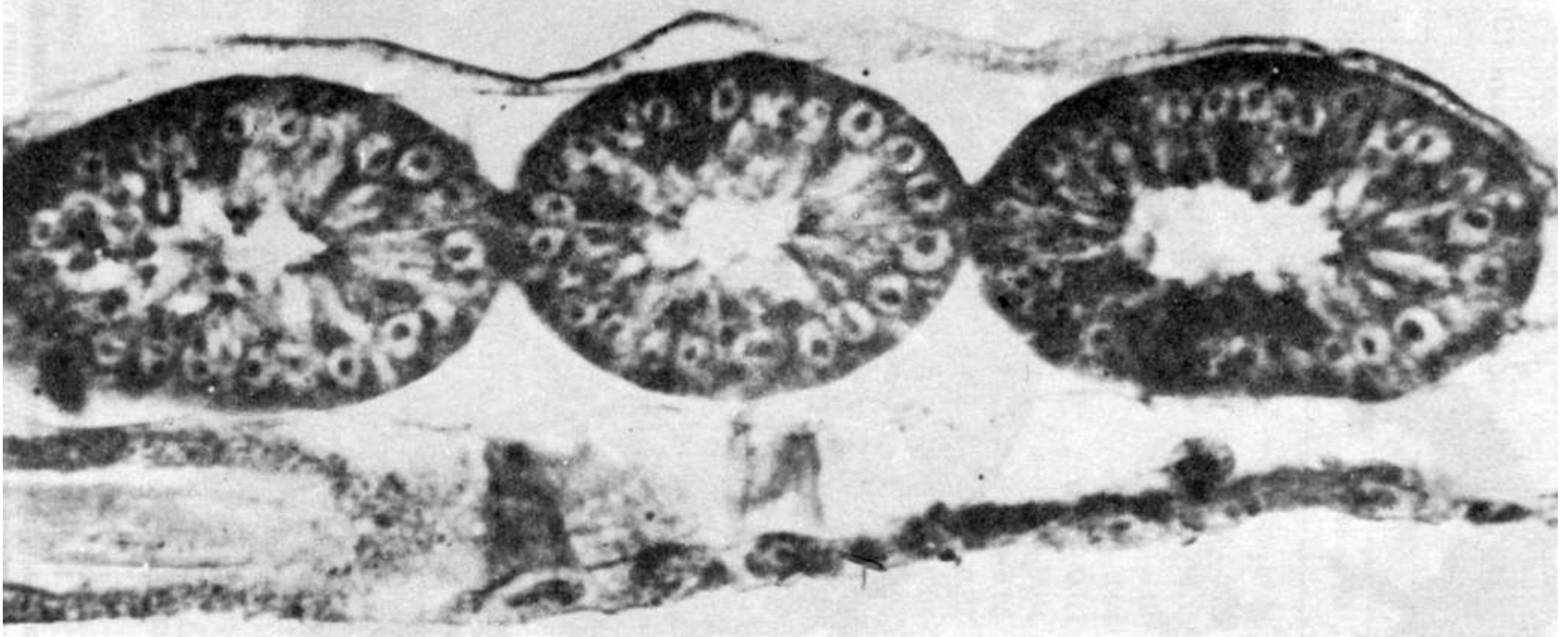


У *Conchostraca* среди клеток эпителия торакальных конечностей, выполняющих респираторную функцию, присутствуют специализированные осморегуляторные клетки

Жаберные придатки торакальных конечностей *Syzicus tetracerus*

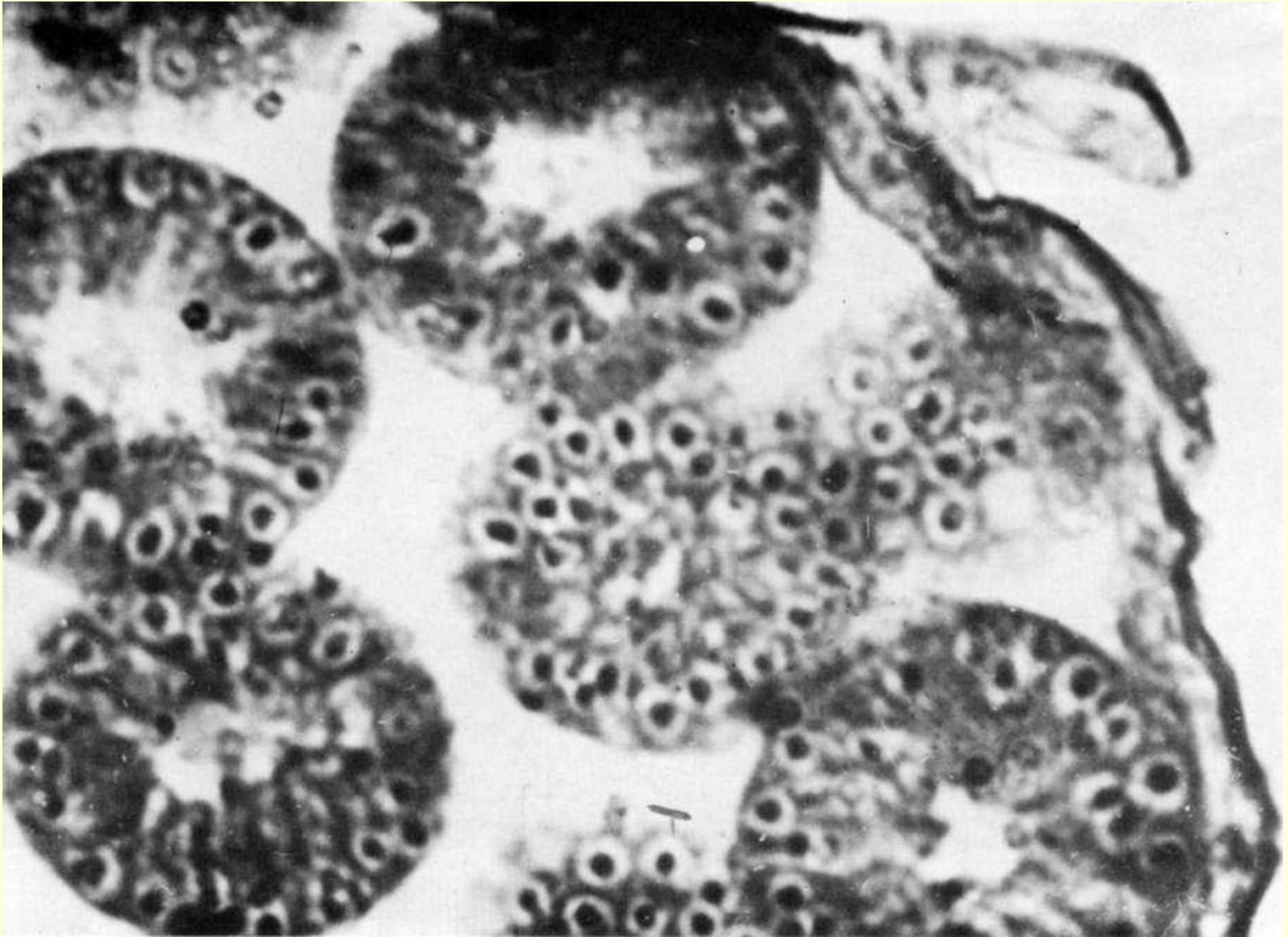


Сагиттальный срез замкнутой выводковой сумки *Penilia avirostris* с развивающимися партеногенетическими яйцами на стадии бластулы

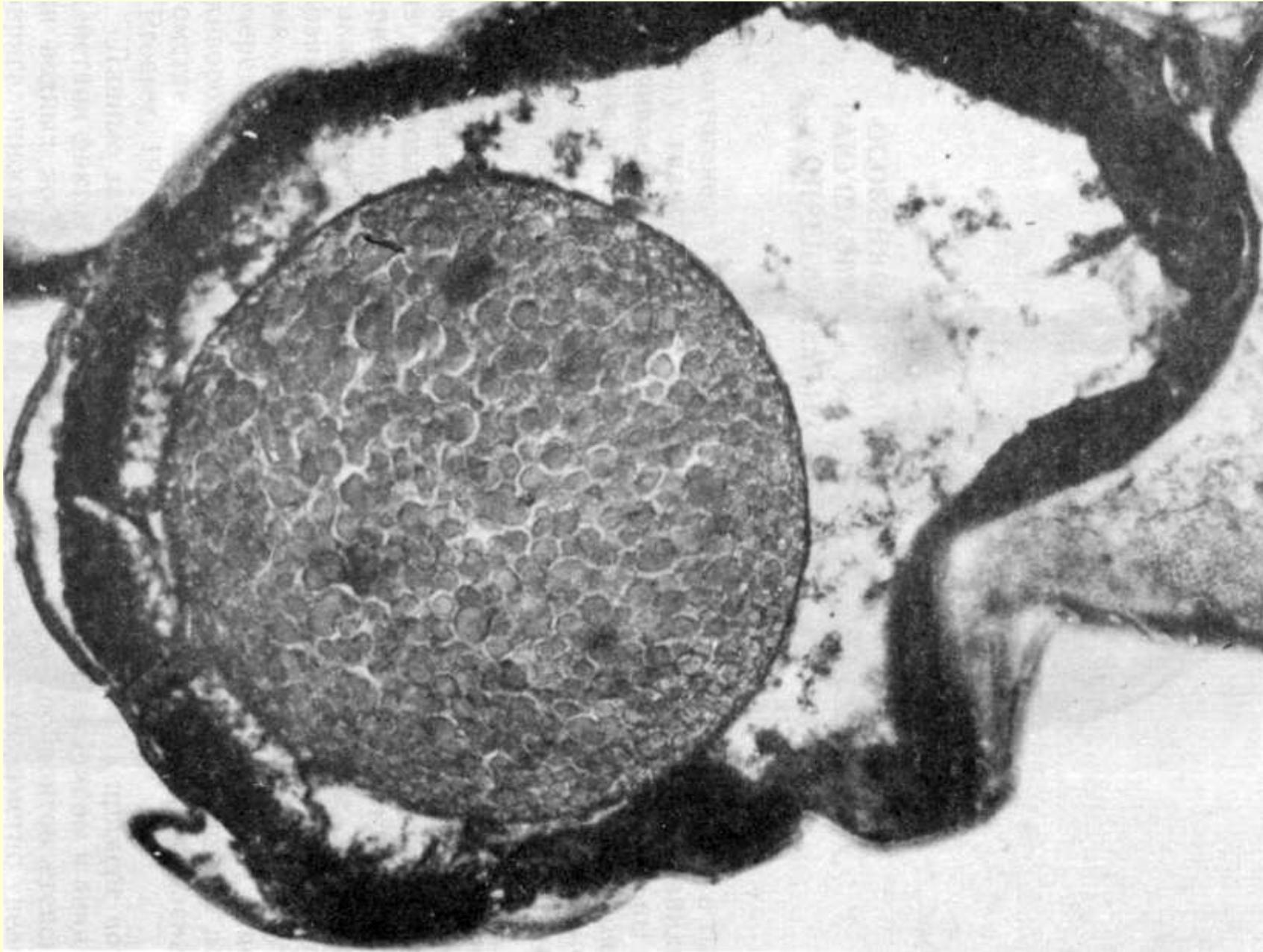


Эти яйца бедны желтком и могут развиваться только при получении для своего развития дополнительного питания через марсупиальную жидкость, содержащуюся в замкнутой выводковой камере

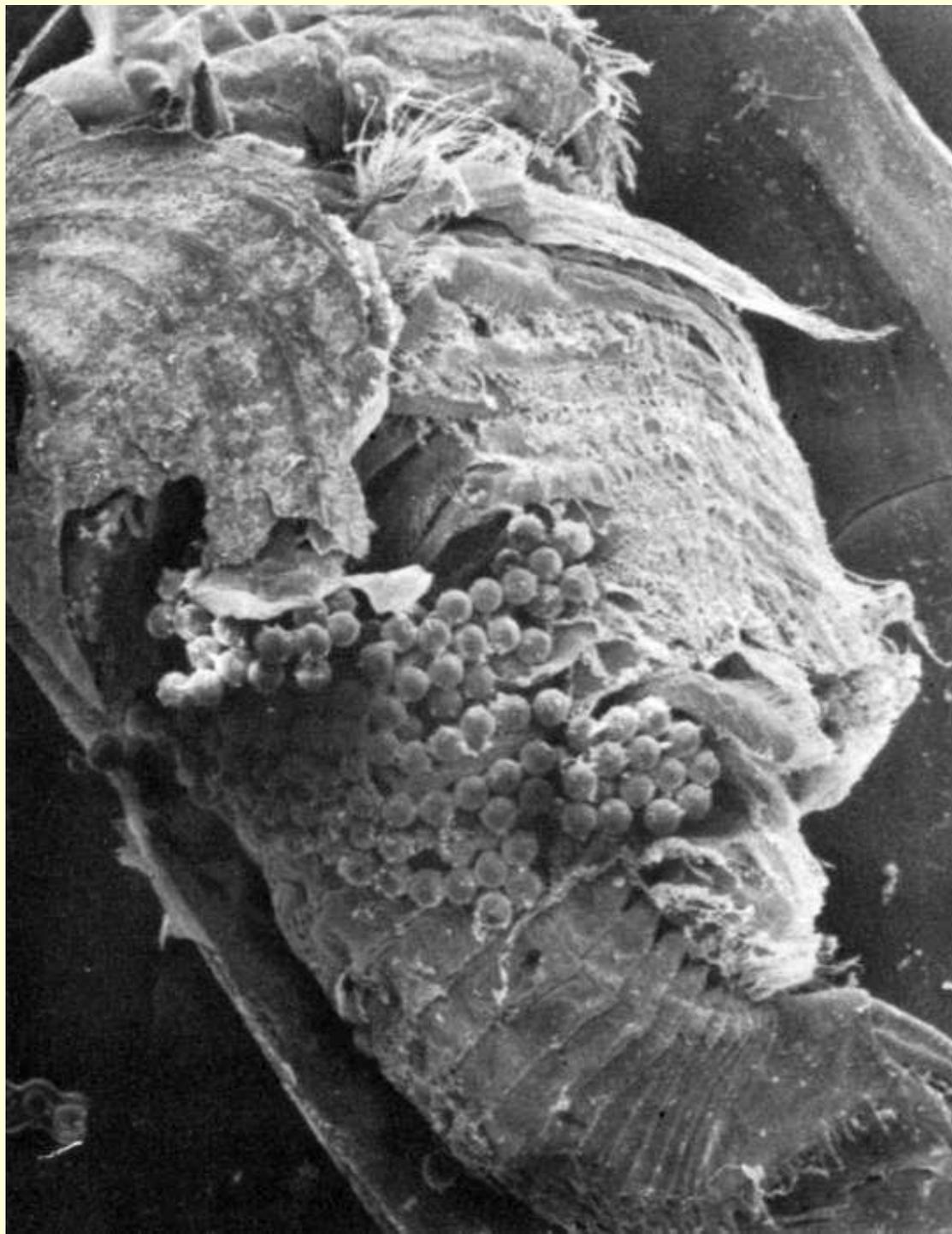
Сагиттальный срез замкнутой выводковой сумки понто-каспийского ветвистоусого ракообразного *Evadne anonyx* с развивающимися партеногенетическими яйцами на стадии бластулы



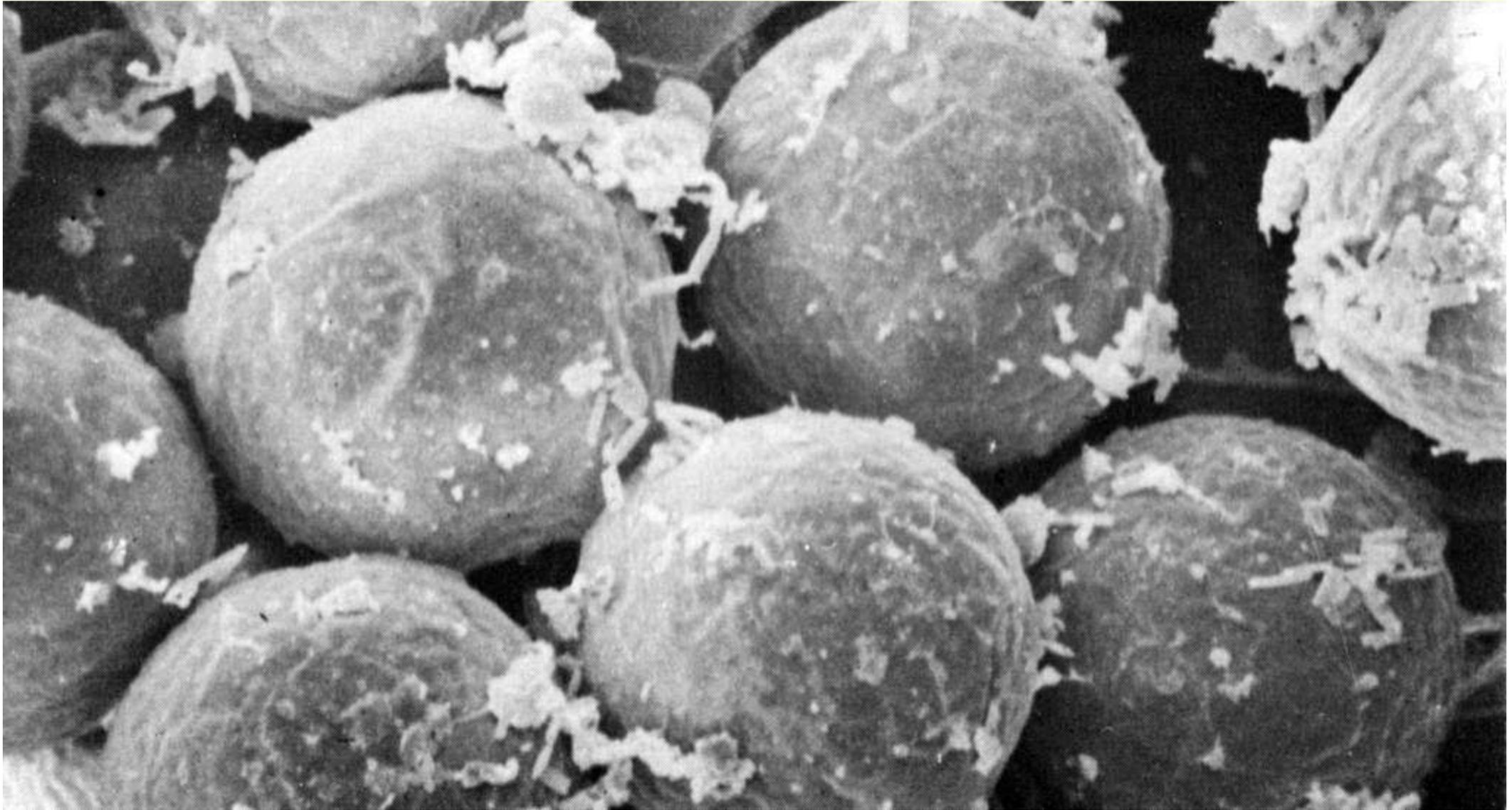
Сагиттальный срез замкнутой выводковой сумки *Evadne nordmanni* с развивающимся латентным яйцом на стадии формирования плотной защитной оболочки. Данное яйцо имеет достаточное количество желтка и развивается после периода покоя.



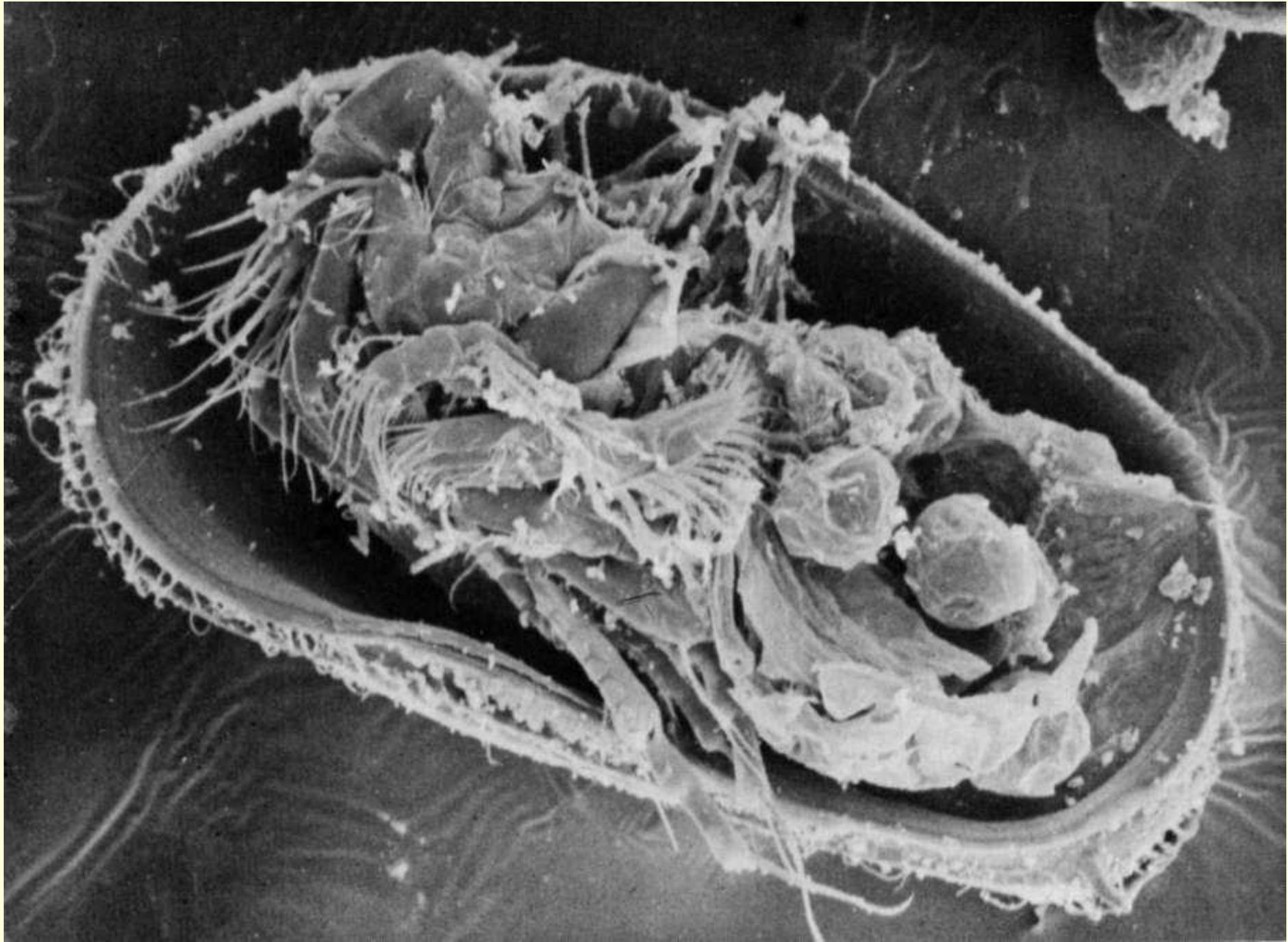
Общий вид самки *Syzicus tetracerus* с яйцами, вынашиваемыми
вне замкнутой выводковой сумки



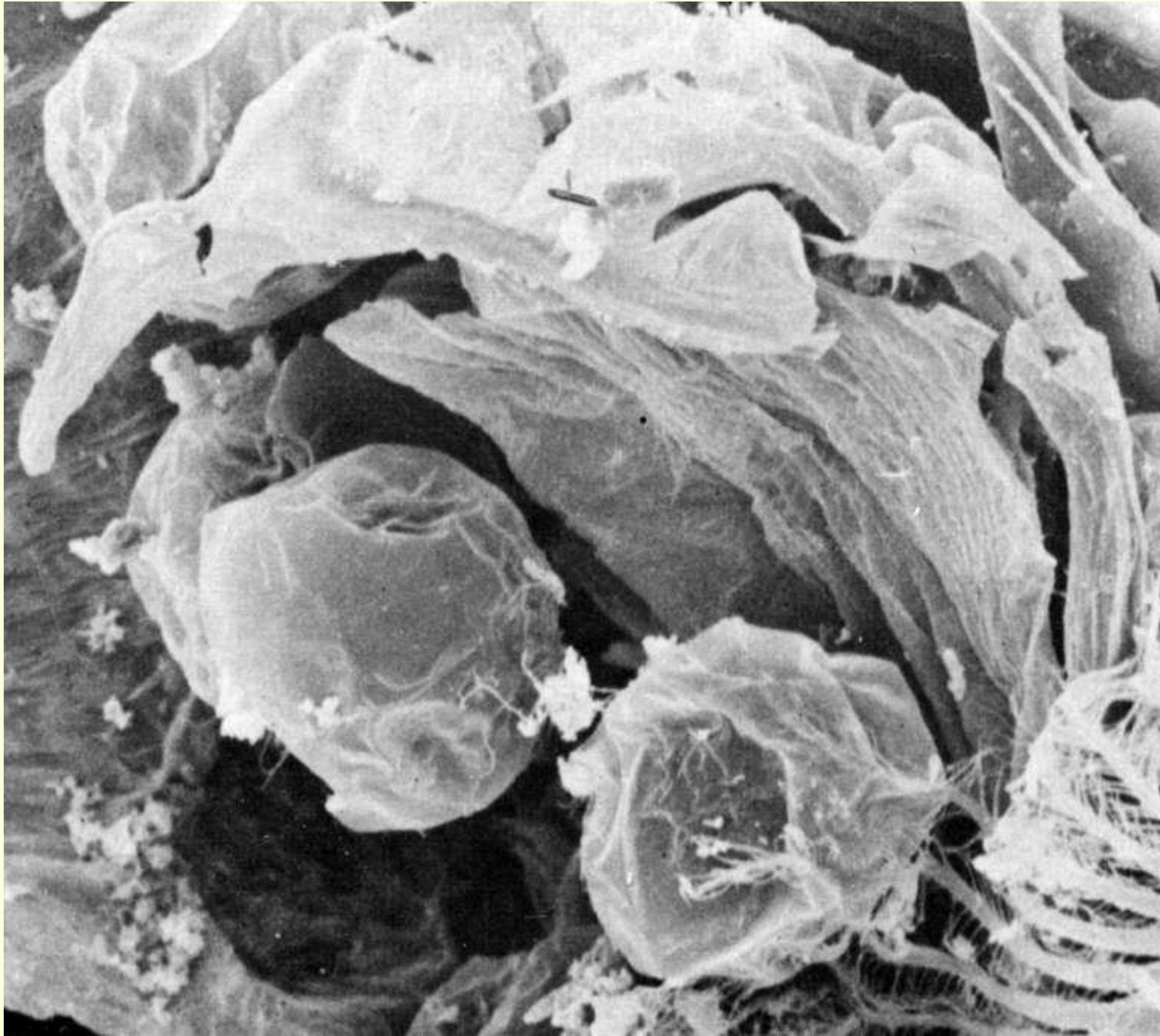
Внешний вид развивающихся яиц на стадии бластулы в открытой выводковой камере *Cyzicus tetracerus*



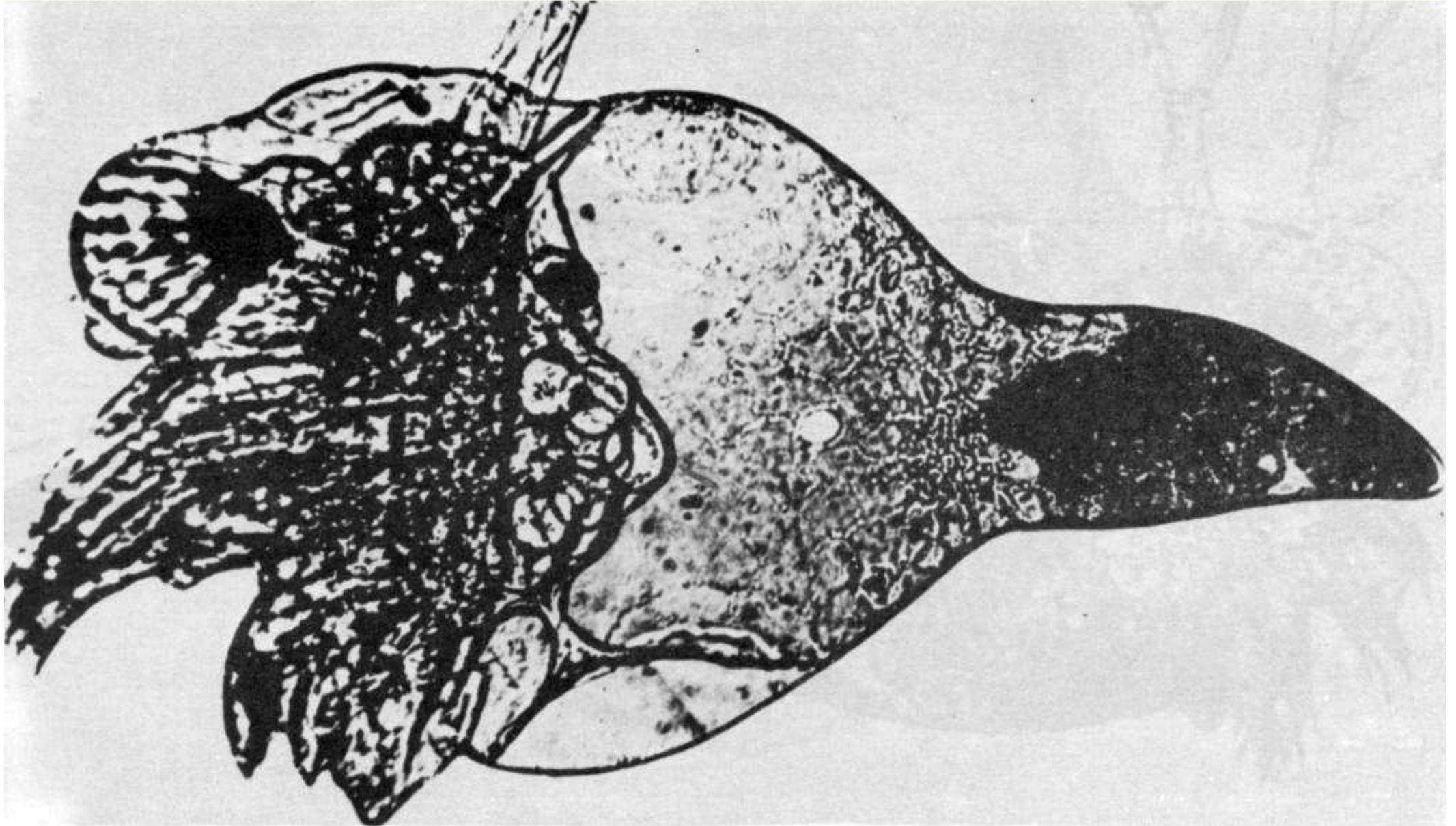
Общий вид самки эвригалинного ракушкового
ракообразного *Cyprideis torosa* с яйцами, вынашиваемыми вне
замкнутой выводковой сумки



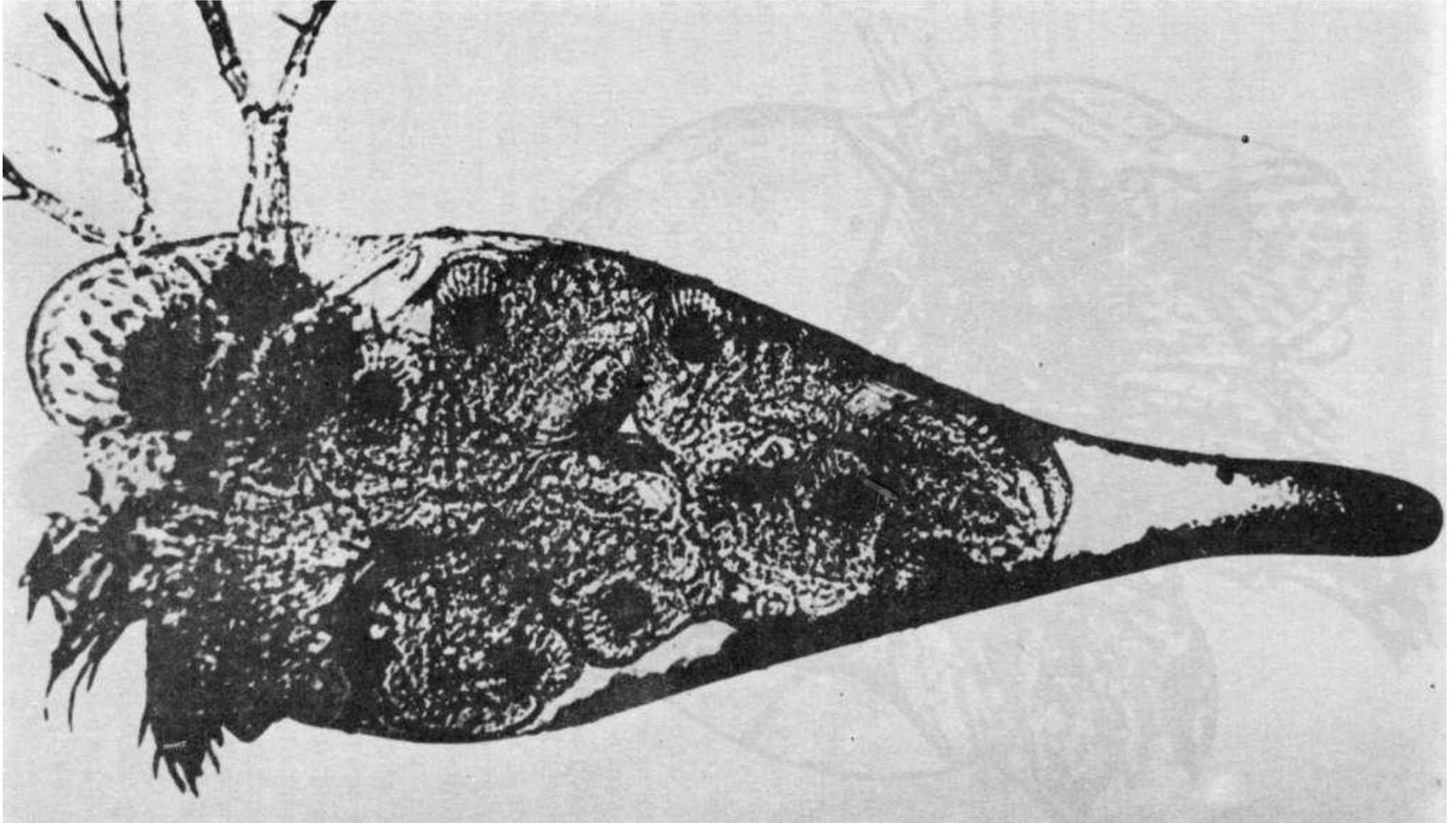
Внешний вид развивающихся яиц на стадии бластулы в открытой выводковой камере *Cyprideis torosa*



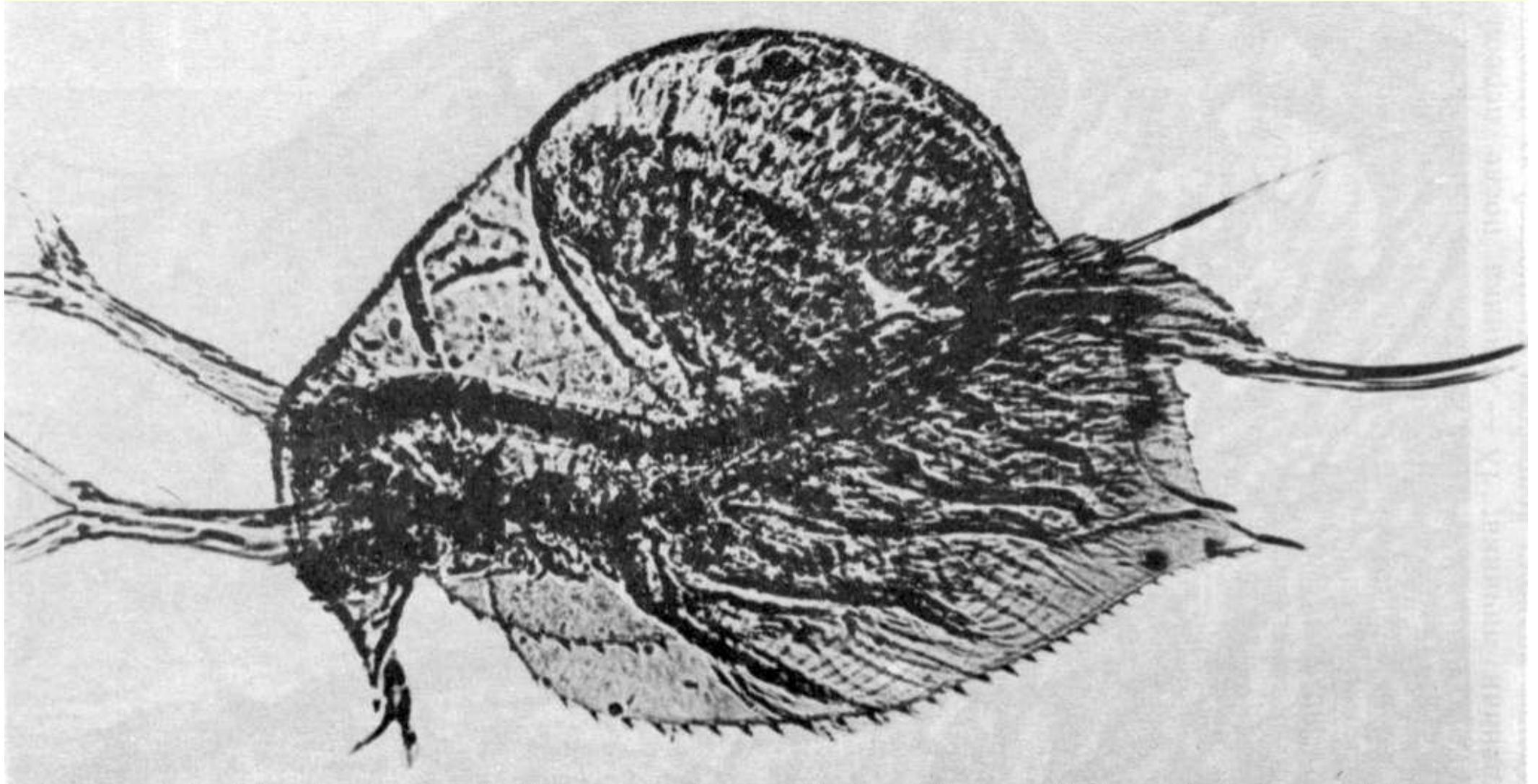
Общий вид партеногенетической самки *Evadne anonyx*, в закрытой выводковой сумке которой содержатся развивающиеся яйца на стадии бластулы



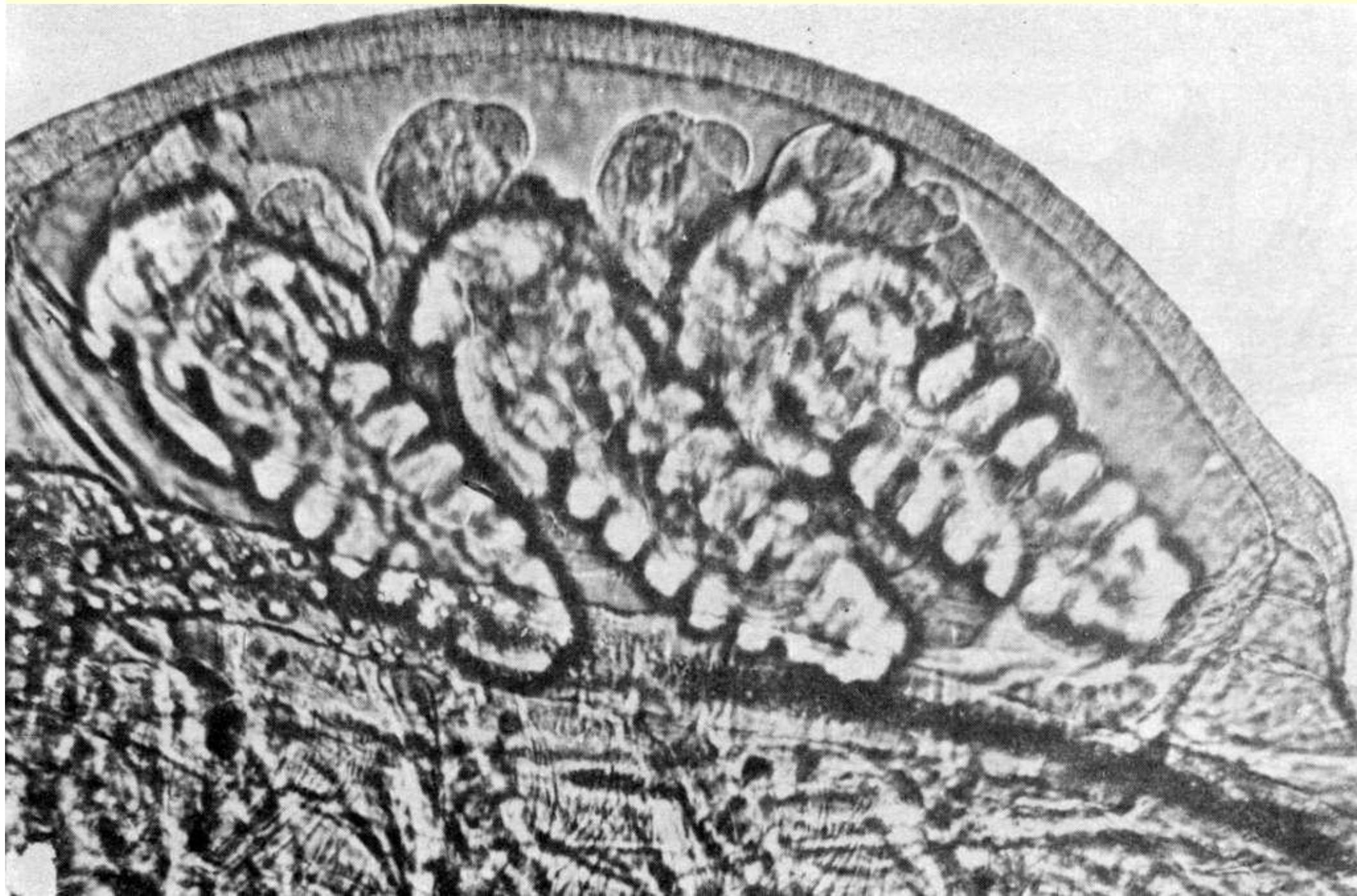
Общий вид партеногенетической самки *Evadne anonyx*, в закрытой выводковой сумке которой содержатся эмбрионы на заключительной стадии развития



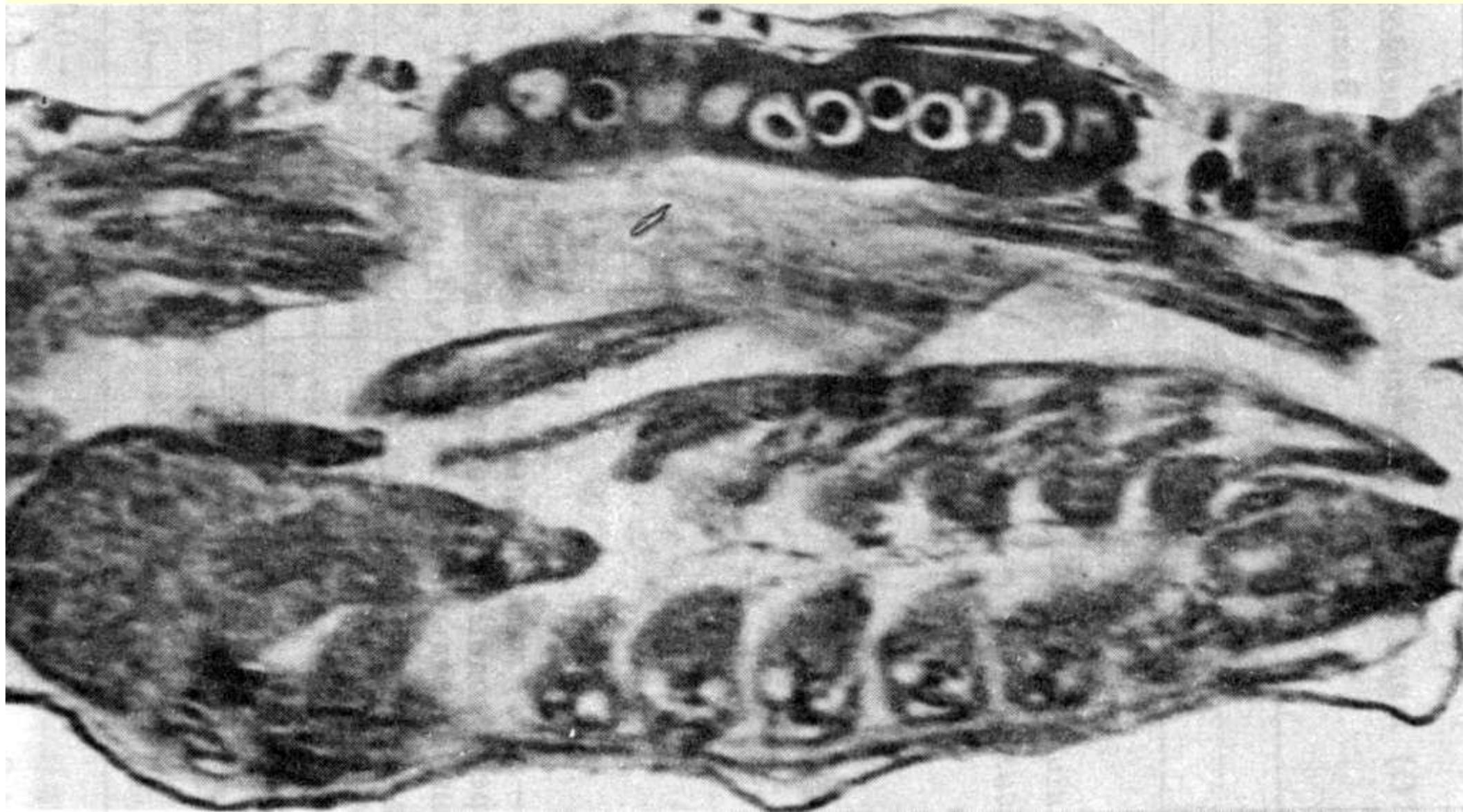
Общий вид партеногенетической самки *Penilia avirostris*, в закрытой выводковой сумке которой содержатся эмбрионы на заключительной стадии развития



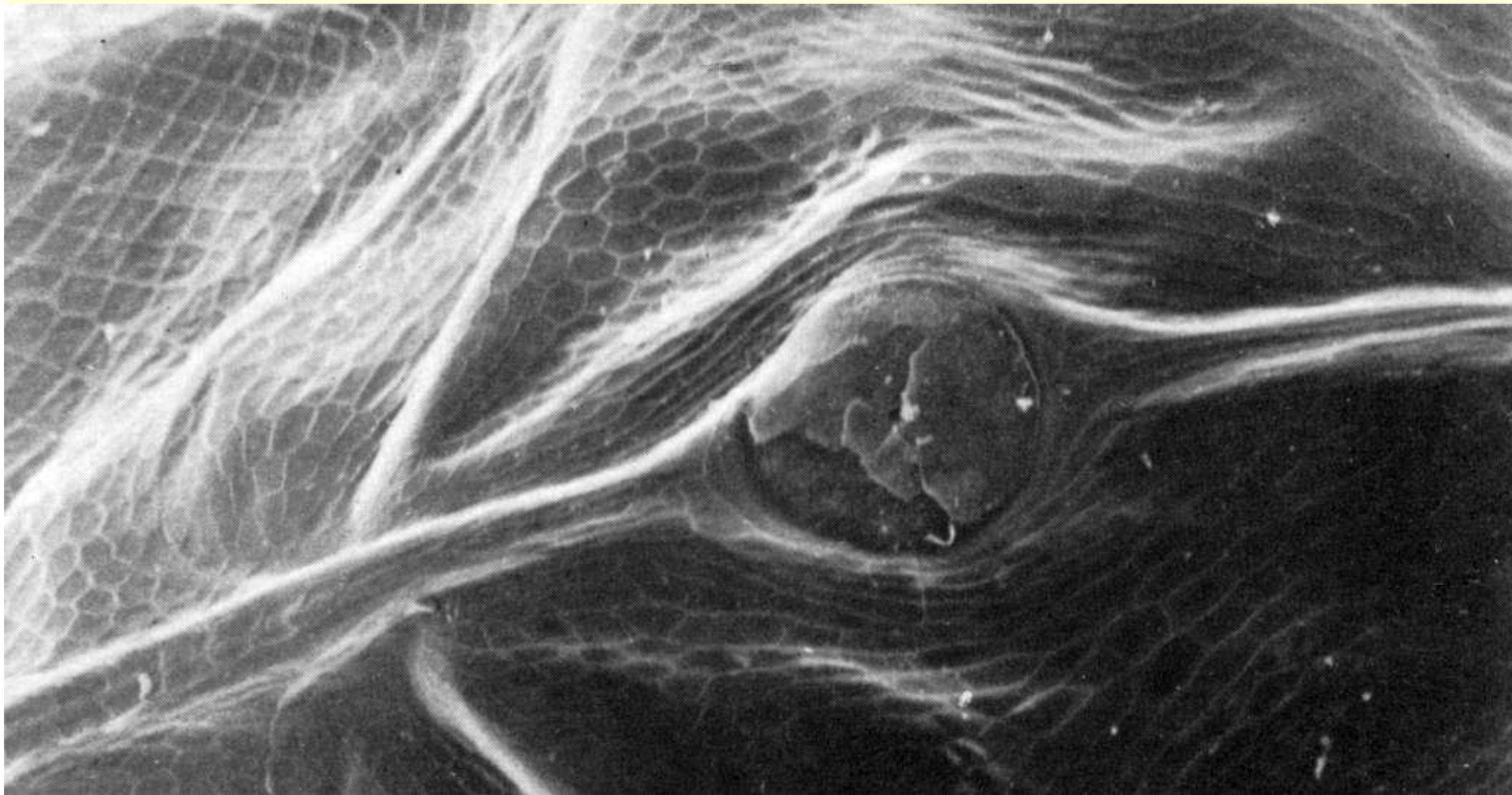
Общий вид замкнутой выводковой сумки *Penilia avirostris*



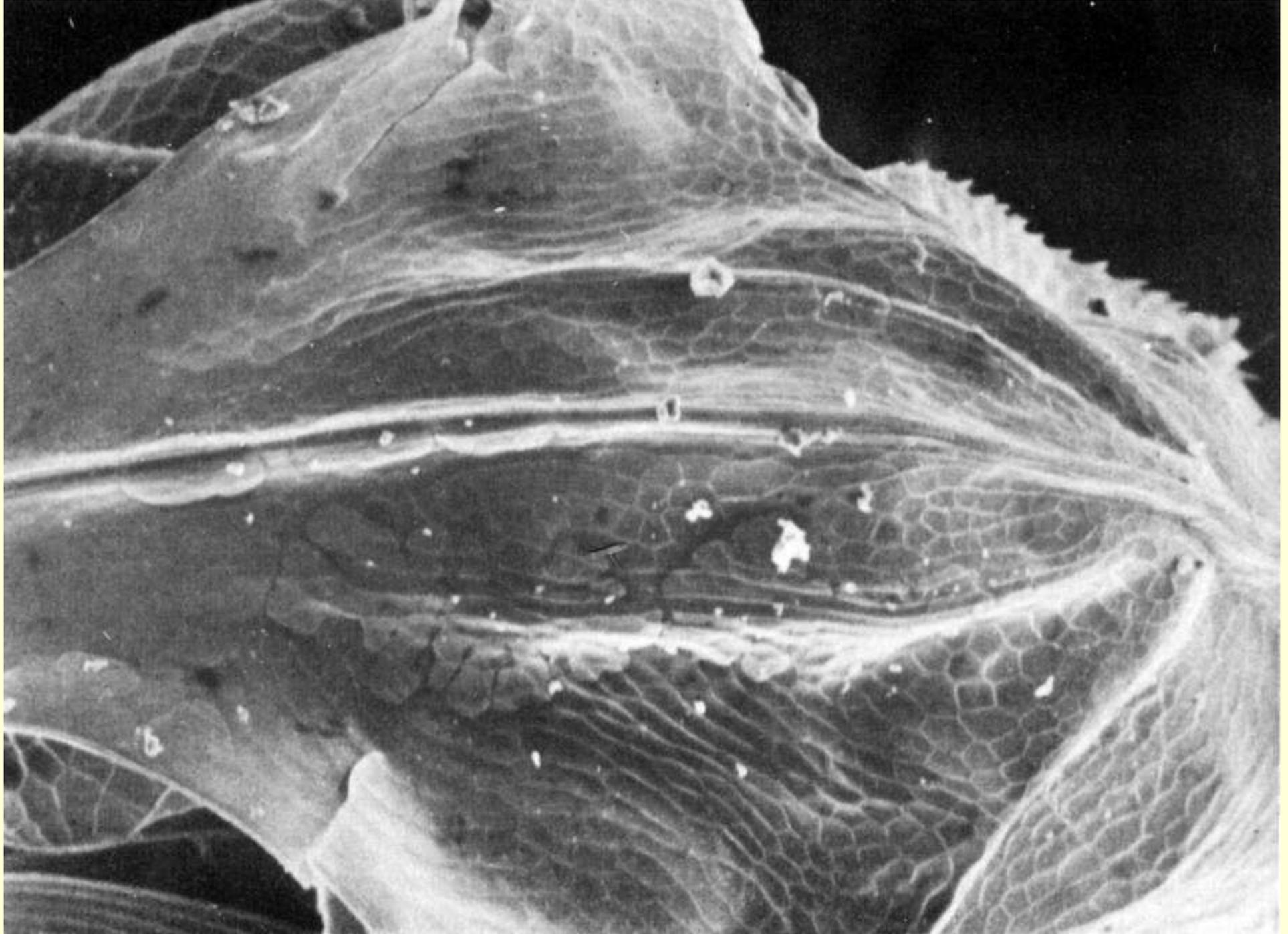
Сагиттальный срез замкнутой выводковой сумки *Penilia avirostris*



Общий вид головного отдела новорожденного пресноводного ветвистоусого ракообразного *Daphnia magna*



Общий вид головного отдела *Daphnia magna*
после первой линьки

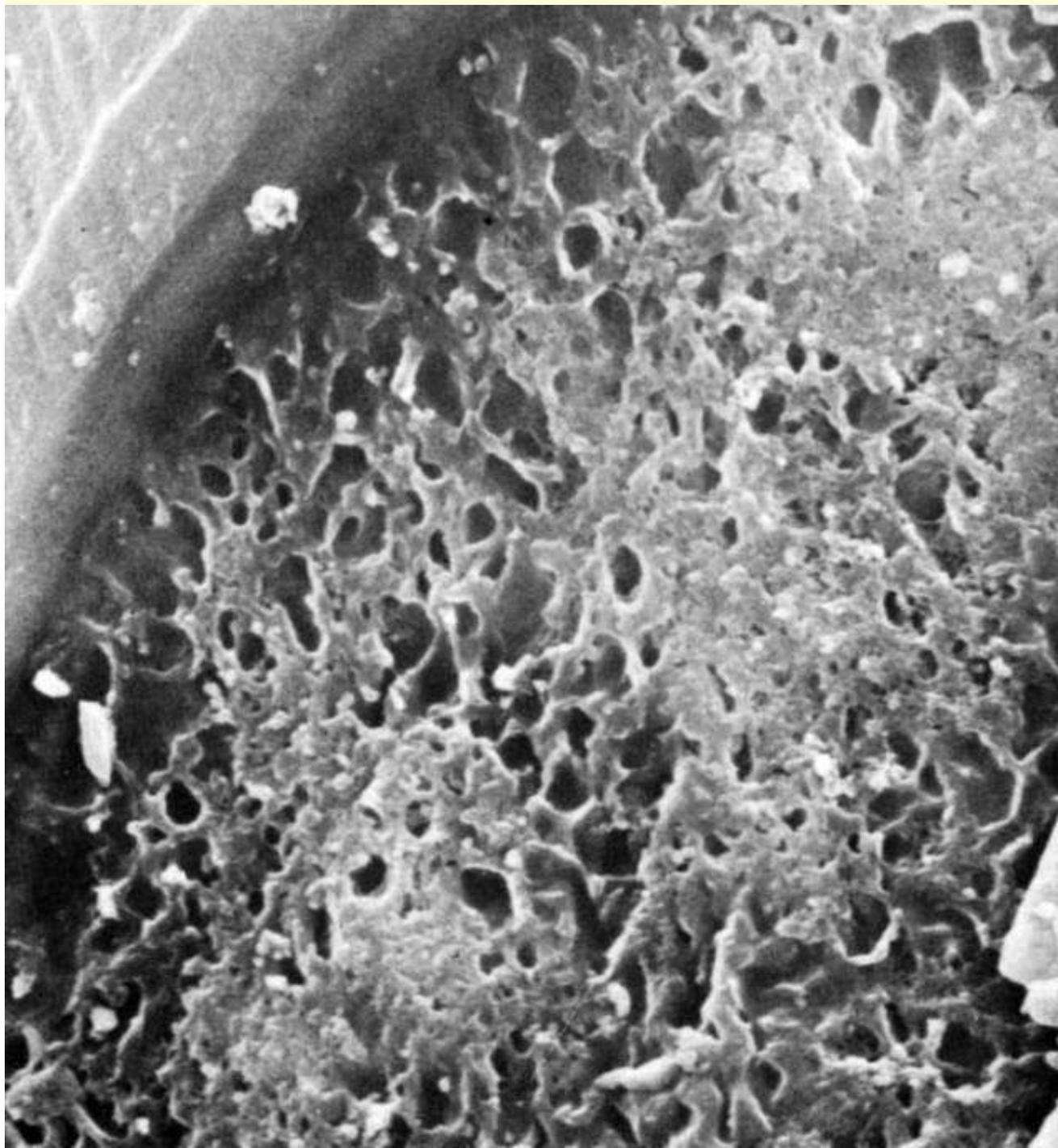


Затылочный орган новорожденной *Daphnia magna*



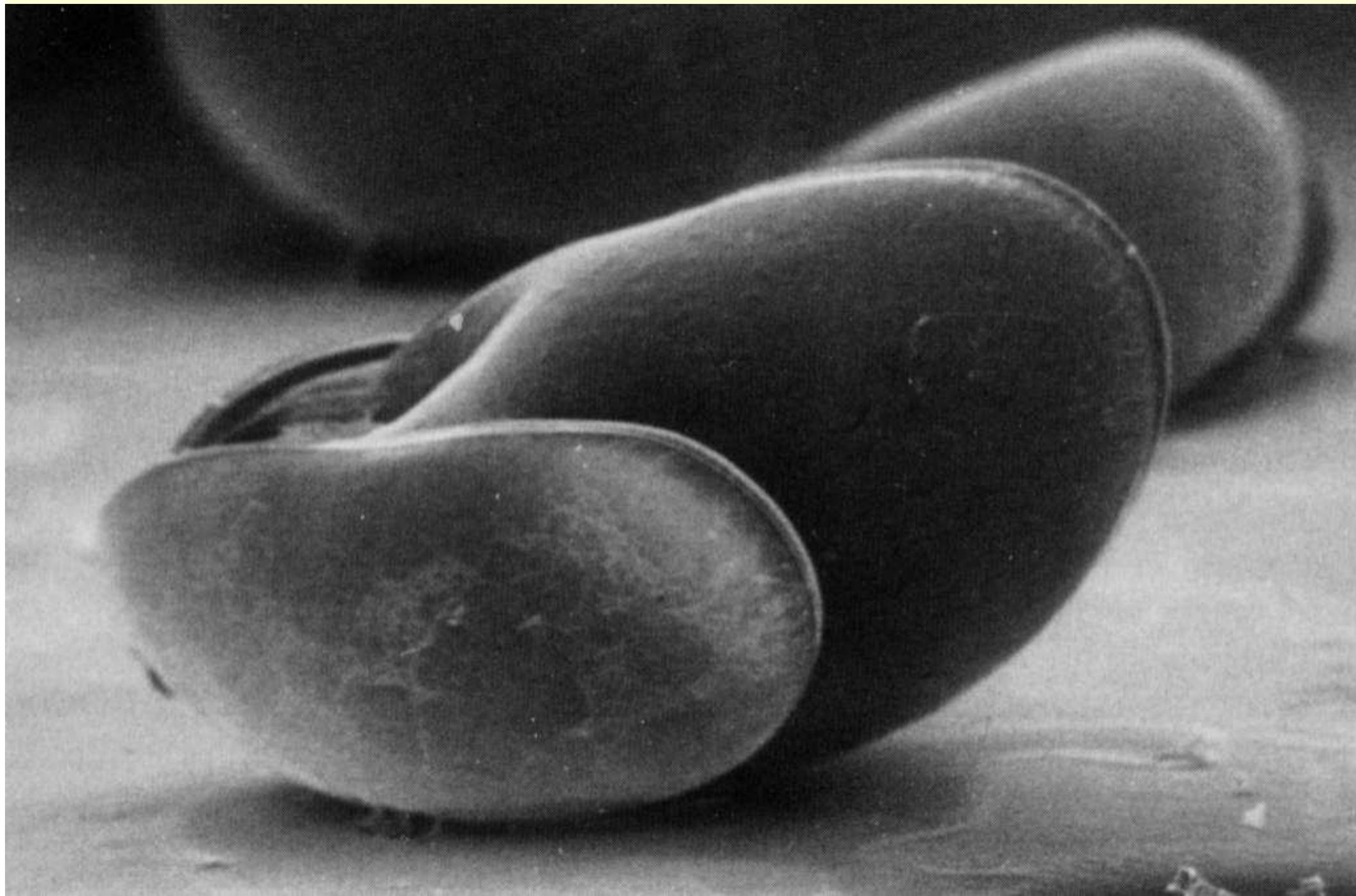
У новорожденных дафний также имеется затылочный орган, выполняющий функцию осморегуляции. На данном снимке часть кутикулы затылочного органа удалена, чтобы показать складчатую поверхность подстилающих осморегуляторных клеток.

Большое увеличение складчатой поверхности апикальной зоны клеток, образующих затылочный орган новорожденной *Daphnia magna*

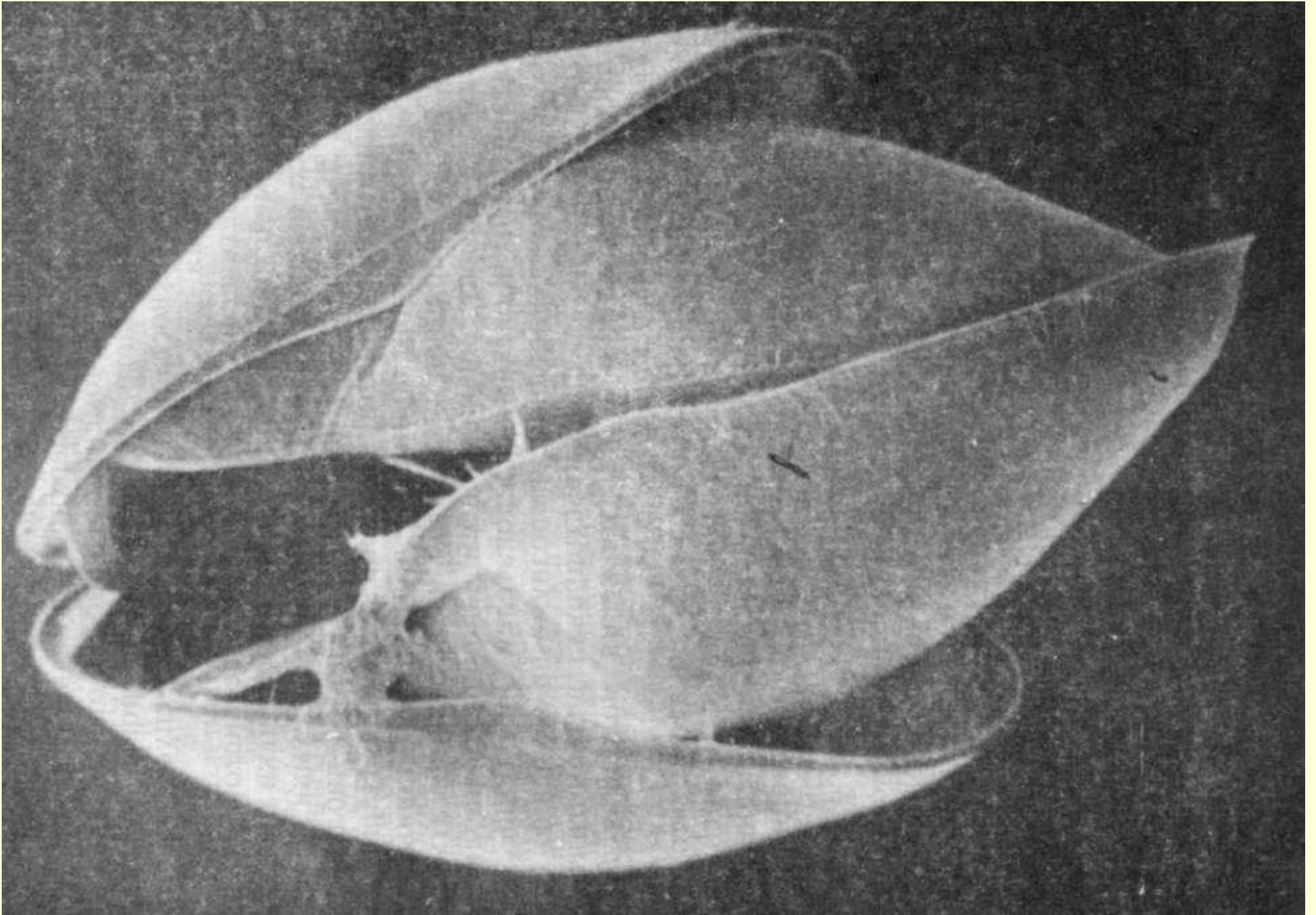


На данном снимке хорошо видна складчатая поверхность подстилающих осморегуляторных клеток

Общий вид сбоку линяющего пресноводного ракушкового ракообразного
Heterocypris incongruens



Общий вид с вентральной стороны линяющего ракушкового
ракообразного *Heterocypris incongruens*



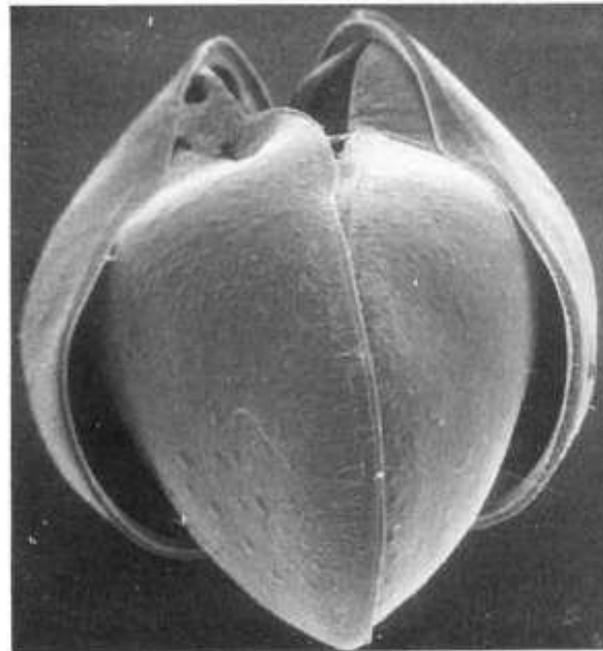
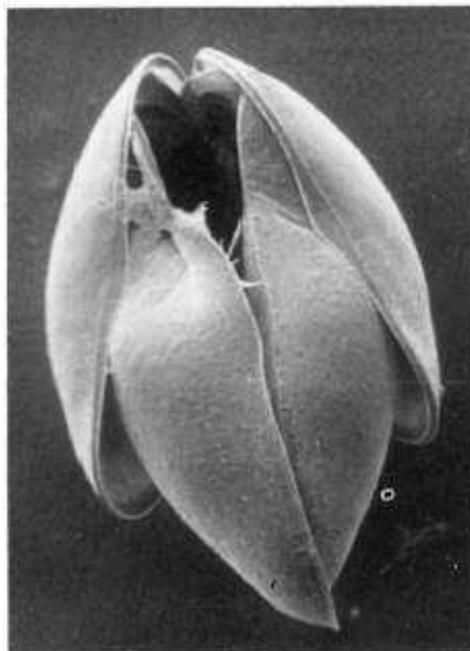
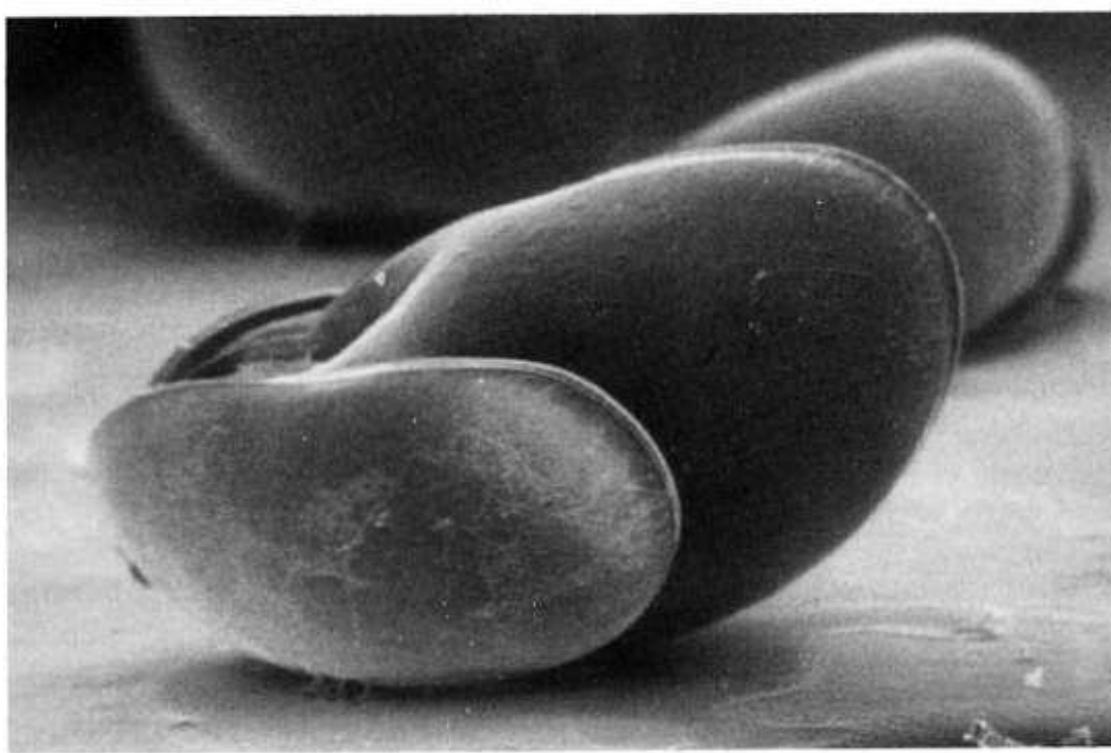


Figure 6. A-C: Moulting of *Heterocypris incongruens* that was raised under laboratory conditions within the salinity interval from freshwater to slightly brackish water (<4 ppt). A, lateral view. B, dorsal view. C, posterior view.

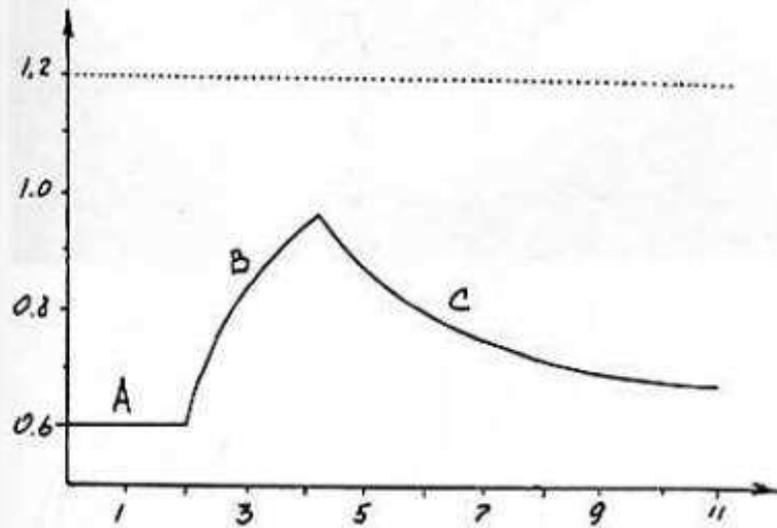
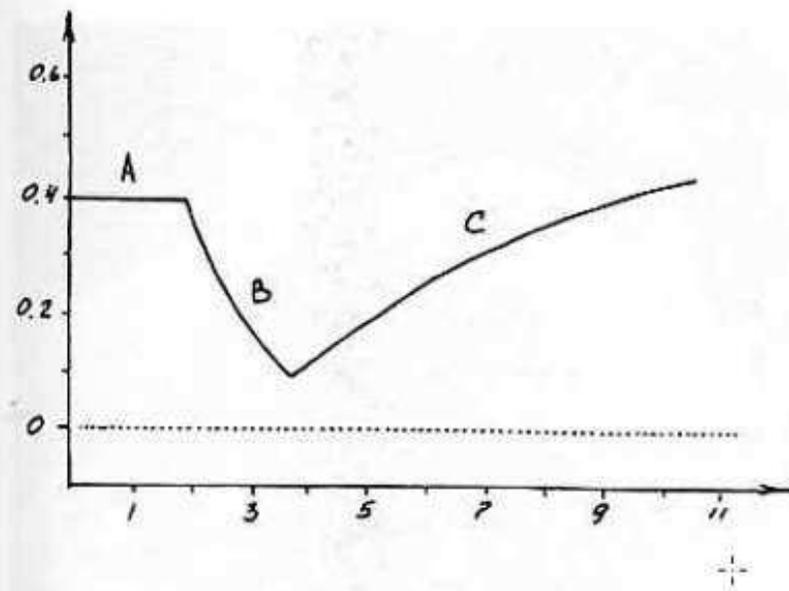


Figure 7. A-B: Changes of freezing point (depression) of haemolymph before, during and after moulting. Vertical axis = freezing point (depression) of haemolymph in °C; horizontal axis = time in hours; dotted line = freezing point (depression) of surrounding water; curved line = freezing point (depression) of haemolymph. A, freshwater: before (A), during (B) and after (C) moulting. B, brackish water with a salinity of 22 ppt: before (A), during (B) and after (C) moulting.

Депрессия ($-\Delta^{\circ}\text{C}$) гемолимфы у морских ветвистоусых ракообразных из естественной среды обитания

Виды	Моря*	Соленость воды, ‰	$-\Delta^{\circ}\text{C}$ воды	$-\Delta^{\circ}\text{C}$ гемолимфы	n^{**}
<i>Penilia avirostris</i>	Я	32.5	-1.81	-0.76 ± 0.04	37
<i>P. avirostris</i>	Ч	18.1	-0.99	-0.72 ± 0.09	43
<i>Pleopis schmackeri</i>	Я	32.5	-1.81	-0.78 ± 0.05	24
<i>Pl. polyphemoides</i>	Ч	18.1	-0.99	-0.69 ± 0.07	15
<i>Pseudevadne tergestina</i>	Ч	18.1	-0.99	-0.68 ± 0.04	19
<i>Podon leuckarti</i>	Б	25.3	-1.39	-0.75 ± 0.06	20
<i>Evadne nordmanni</i>	Б	25.3	-1.39	-0.76 ± 0.11	40

* Я — Японское, Ч — Черное, Б — Белое море.

** n — число исследованных экземпляров.

Депрессия ($-\Delta^{\circ}\text{C}$) гемолимфы у каспийских и аральских ветвистоусых ракообразных из естественной среды обитания

Виды	Моря*	Соленость воды, ‰	$-\Delta^{\circ}\text{C}$ воды	$-\Delta^{\circ}\text{C}$ гемолимфы	n**
Podonidae					
<i>Evadne anonyx</i>	К	13.2	-0.75	-0.54 ± 0.04	20
		12.5	-0.70	-0.51 ± 0.02	14
		8.0	-0.45	-0.50 ± 0.02	16
<i>Evadne anonyx</i>	А	18.7	-1.02	-0.69 ± 0.05	13
		17.9	-0.98	-0.67 ± 0.03	17
		16.3	-0.92	-0.62 ± 0.07	16
		15.9	-0.90	-0.60 ± 0.08	14
<i>Podonevadne trigona</i>	К	12.5	-0.70	-0.52 ± 0.08	15
<i>Podonevadne trigona</i>	А	17.9	-0.98	-0.68 ± 0.05	12
		16.3	-0.92	-0.64 ± 0.04	15
<i>P. camptonyx</i>	А	18.7	-1.02	-0.70 ± 0.03	19
		17.9	-0.98	-0.66 ± 0.07	20
		16.3	-0.92	-0.61 ± 0.07	22
		15.9	-0.90	-0.59 ± 0.04	18
<i>P. angusta</i>	А	17.9	-0.98	-0.67 ± 0.06	14
<i>Cornigerius maeoticus hircus</i>	К	12.5	-0.70	-0.50 ± 0.04	17
		10.8	-0.61	-0.48 ± 0.05	19
		6.0	-0.34	-0.45 ± 0.04	17
<i>Pleopis polyphemoides</i>	К	12.5	-0.70	-0.51 ± 0.05	19
		10.0	-0.56	-0.47 ± 0.02	15
		6.0	-0.44	-0.44 ± 0.03	18
Cercopagidae					
<i>Cercopagus pengoi</i>	К	12.5	-0.70	-0.70 ± 0.04	15
		10.0	-0.56	-0.69 ± 0.02	14
		6.0	-0.34	-0.66 ± 0.05	18
<i>C. pengoi aralensis</i>	А	15.9	-0.90	-0.90 ± 0.03	21
<i>Apagis cylindrata</i>	К	12.5	-0.70	-0.71 ± 0.06	17
Polyphemidae					
<i>Polyphemus exiguus</i>	К	12.5	-0.70	-0.70 ± 0.03	19
		10.8	-0.61	-0.65 ± 0.04	15
		9.1	-0.51	-0.62 ± 0.03	16

* К — Каспийское море, А — Аральское море.

** n — число исследованных экземпляров.

Депрессия ($-\Delta^{\circ}\text{C}$) гемолимфы у пресноводных и солоноватоводных ветвистоусых ракообразных из естественной среды обитания

Виды	Соленость воды, ‰	$-\Delta^{\circ}\text{C}$ воды	$-\Delta^{\circ}\text{C}$ гемолимфы	n^*
Sididae				
<i>Sida crystallina</i>	Пресная	-0.01	-0.38 ± 0.05	26
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	4.2	-0.24	-0.41 ± 0.07	24
Daphniidae				
<i>Daphnia magna</i>	Пресная	-0.01	-0.34 ± 0.06	28
<i>D. magna</i> (по Fritsche, 1917)	→—	—	-0.19	—
<i>D. pulex</i>	→—	-0.01	-0.41 ± 0.05	31
<i>D. pulex</i> (по Беляеву, 1950)	→—	—	От -0.24 до -0.45	18
<i>D. pulex</i> (по Fritsche, 1917)	→—	—	-0.25	—
<i>D. longispina</i>	4.2	-0.24	-0.38 ± 0.07	36
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	14.5	-0.83	-0.81 ± 0.04	29
<i>Simoccephalus vetulus</i>	Пресная	-0.01	-0.36 ± 0.03	31
Bosminidae				
<i>Bosmina longirostris</i>	6.3	-0.36	-0.40 ± 0.07	27
Macrothricidae				
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	6.3	-0.36	-0.39 ± 0.04	20
Chydoridae				
<i>Chydorus sphaericus</i>	Пресная	-0.01	-0.37 ± 0.08	34
<i>Eurycercus glacialis</i> (по Беляеву, 1950)	→—	—	От -0.36 до -0.39	2
<i>Moina mongolica</i>	14.5	-0.83	-0.58 ± 0.05	24
<i>M. brachiata</i>	14.5	-0.83	-0.82 ± 0.03	21
<i>M. macrocopa</i>	Пресная	-0.01	-0.42 ± 0.06	29
Polyphemidae				
<i>Polyphemus pediculus</i>	→—	-0.01	-0.39 ± 0.03	38
Cercopagidae				
<i>Bythotrephes longimanus</i> (по Беляеву, 1950)	→—	—	От -0.35 до -0.46	10

* n — число исследованных экземпляров.

Депрессия ($-\Delta^{\circ}\text{C}$) гемолимфы у морских остракод из естественной среды обитания

Виды	Моря*	Соленость воды, ‰	$-\Delta^{\circ}\text{C}$ воды	$-\Delta^{\circ}\text{C}$ гемолимфы	n^{**}
<i>Cyprideis torosa</i>	К	12.7	-0.72	-0.49 ± 0.04	11
<i>Amnocythere cumbula</i>		10.9	-0.62	-0.53 ± 0.05	9
<i>Tyrrhenocythere amnicola donetziensis</i>		10.9	-0.62	-0.56 ± 0.02	10
<i>Leptocythere bacuana</i>		12.7	-0.72	-0.62 ± 0.06	8
<i>Cytheromorpha fuscata</i>		10.9	-0.62	-0.55 ± 0.03	8
<i>Loxoconcha lepida</i>		12.5	-0.70	-0.60 ± 0.04	10
<i>Eucypris inflata</i>		12.5	-0.70	-0.47 ± 0.05	14
<i>Candona schweyeri</i>		8.1	-0.46	-0.47 ± 0.02	11
<i>Darwinula stevensoni</i>		8.1	-0.46	-0.45 ± 0.03	12
<i>C. torosa</i>		А	19.9	-1.09	-0.53 ± 0.06
<i>A. cymbula</i>	16.3		-0.92	-0.80 ± 0.04	11
<i>T. amnicola donetziensis</i>	16.3		-0.92	-0.78 ± 0.02	12
<i>Limnocythere inopinata</i>	10.5		-0.59	-0.60 ± 0.04	15
<i>Galolimnocythere aralensis</i>	18.1		-0.99	-0.82 ± 0.05	9
<i>Candona marchica</i>	7.3		-0.41	-0.42 ± 0.06	14
<i>Cyclocypris laevis</i>	7.3		-0.41	-0.44 ± 0.02	8
<i>Plesiocypridopsis newtoni</i>	10.5		-0.59	-0.58 ± 0.04	15

* К — Каспийское, А — Аральское.

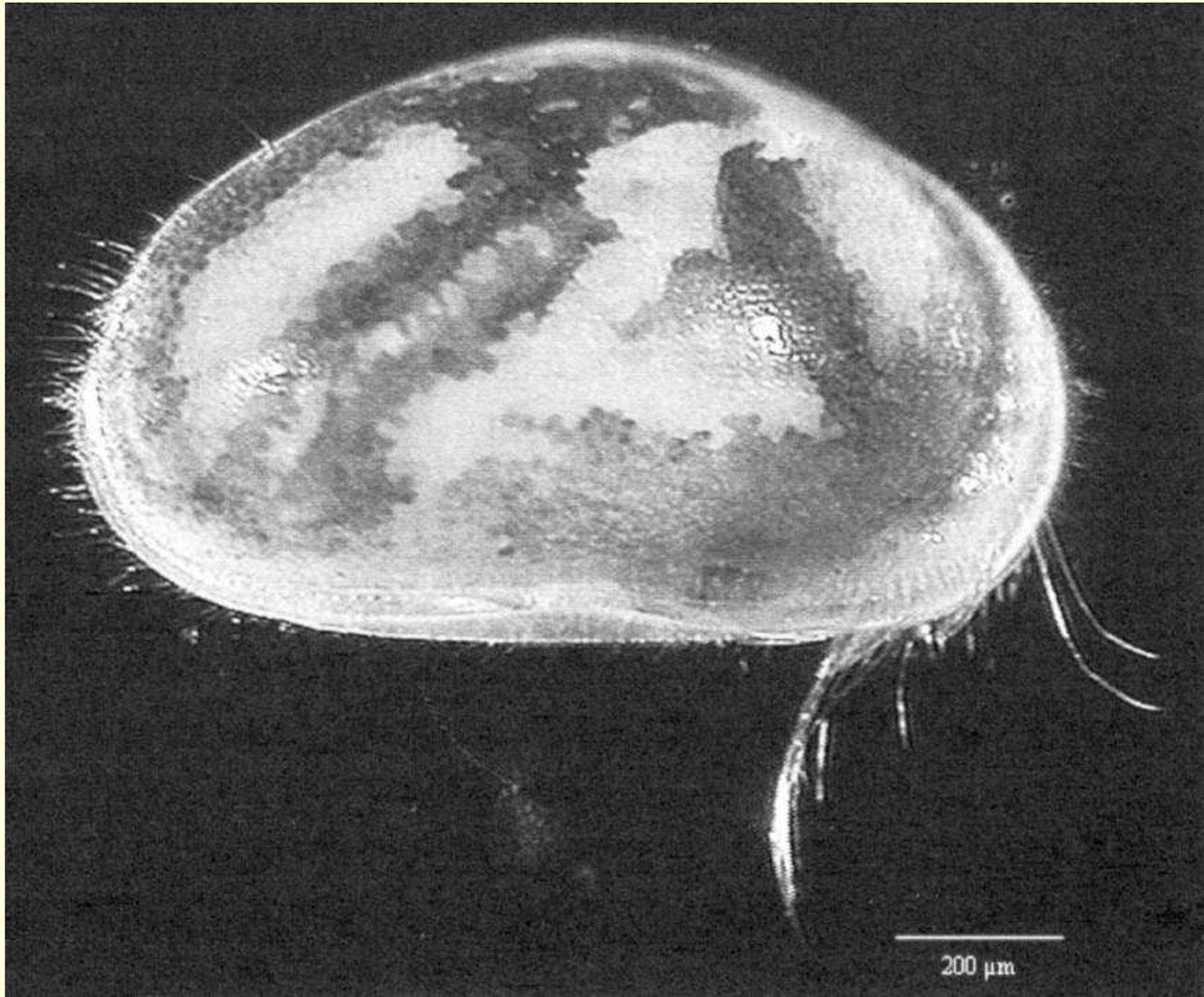
** n — число исследованных экземпляров.

Депрессия ($-\Delta^{\circ}\text{C}$) гемолимфы у черноморских и азовских ракушковых ракообразных из естественной среды обитания

Виды	Соленость воды, ‰	$-\Delta^{\circ}\text{C}$ воды	$-\Delta^{\circ}\text{C}$ гемолимфы	n*
Черное море				
<i>Aglaiocypris complanata</i>	18.1	-0.99	-0.71 ± 0.05	8
<i>Pontocythere bacescoi</i>	17.8	-0.97	-0.98 ± 0.03	7
<i>Cyprideis torosa</i>	18.1	-0.99	-0.52 ± 0.05	16
<i>Microcytherura nigrescens</i>	18.4	-1.01	-0.99 ± 0.04	6
<i>Leptocythere fabaeformis</i>	18.2	-1.00	-0.98 ± 0.06	9
<i>Carinocythereis rubra</i>	18.4	-1.01	-1.02 ± 0.06	10
<i>Urocythereis margaritifera</i>	18.6	-1.02	-1.00 ± 0.03	6
<i>Cytheroma karadaginis</i>	18.2	-1.00	-0.98 ± 0.04	8
<i>Loxoconcha pontica</i>	18.1	-0.99	-0.99 ± 0.05	12
<i>L. aestuarii</i>	17.8	-0.97	-0.96 ± 0.03	9
<i>Paracytheridea paulii</i>	18.4	-1.01	-1.02 ± 0.04	7
<i>Hemicytherura bulgarica</i>	18.2	-1.00	-0.98 ± 0.05	8
<i>Xestoleberis decipiens</i>	18.6	-1.02	-1.03 ± 0.04	8
<i>Paradoxostoma intermedium</i>	18.4	-1.01	-1.02 ± 0.06	7
Азовское море				
<i>Cyprinotus salina</i>	10.9	-0.61	-0.60 ± 0.04	12
<i>Eucypris inflata</i>	12.6	-0.72	-0.48 ± 0.03	15
<i>Cypridopsis aculeata</i>	10.9	-0.61	-0.61 ± 0.05	10
<i>Potamocypris steueri</i>	14.1	-0.80	-0.50 ± 0.06	8
<i>Cyprideis torosa</i>	12.6	-0.72	-0.49 ± 0.04	16
<i>Leptocythere histriana</i>	14.1	-0.80	-0.82 ± 0.06	10
<i>Loxoconcha bulgarica</i>	14.1	-0.80	-0.78 ± 0.05	7
<i>L. elliptica</i>	14.1	-0.80	-0.81 ± 0.04	8
<i>Xestoleberis aurantia</i>	12.6	-0.72	-0.69 ± 0.04	14
<i>Cytherois cepa</i>	13.3	-0.75	-0.70 ± 0.04	9

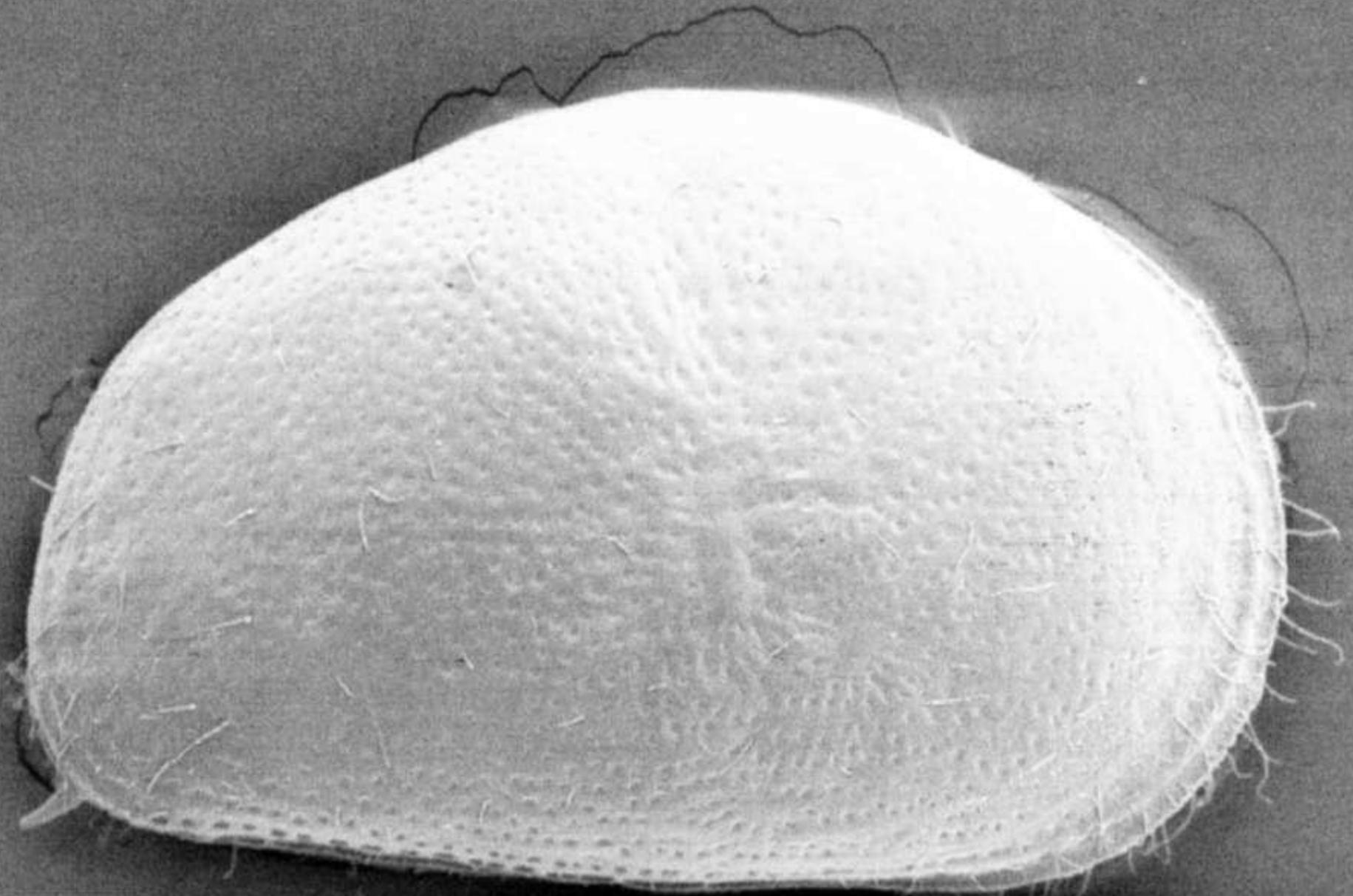
* n — число исследованных экземпляров.

Правая створка эвригалинного ракушкового ракообразного *Heterocypris salina*



Правая створка широко эвригалинного ракушкового ракообразного
Cyprideis torosa torosa

Cyprideis torosa in 10 ‰ salinity

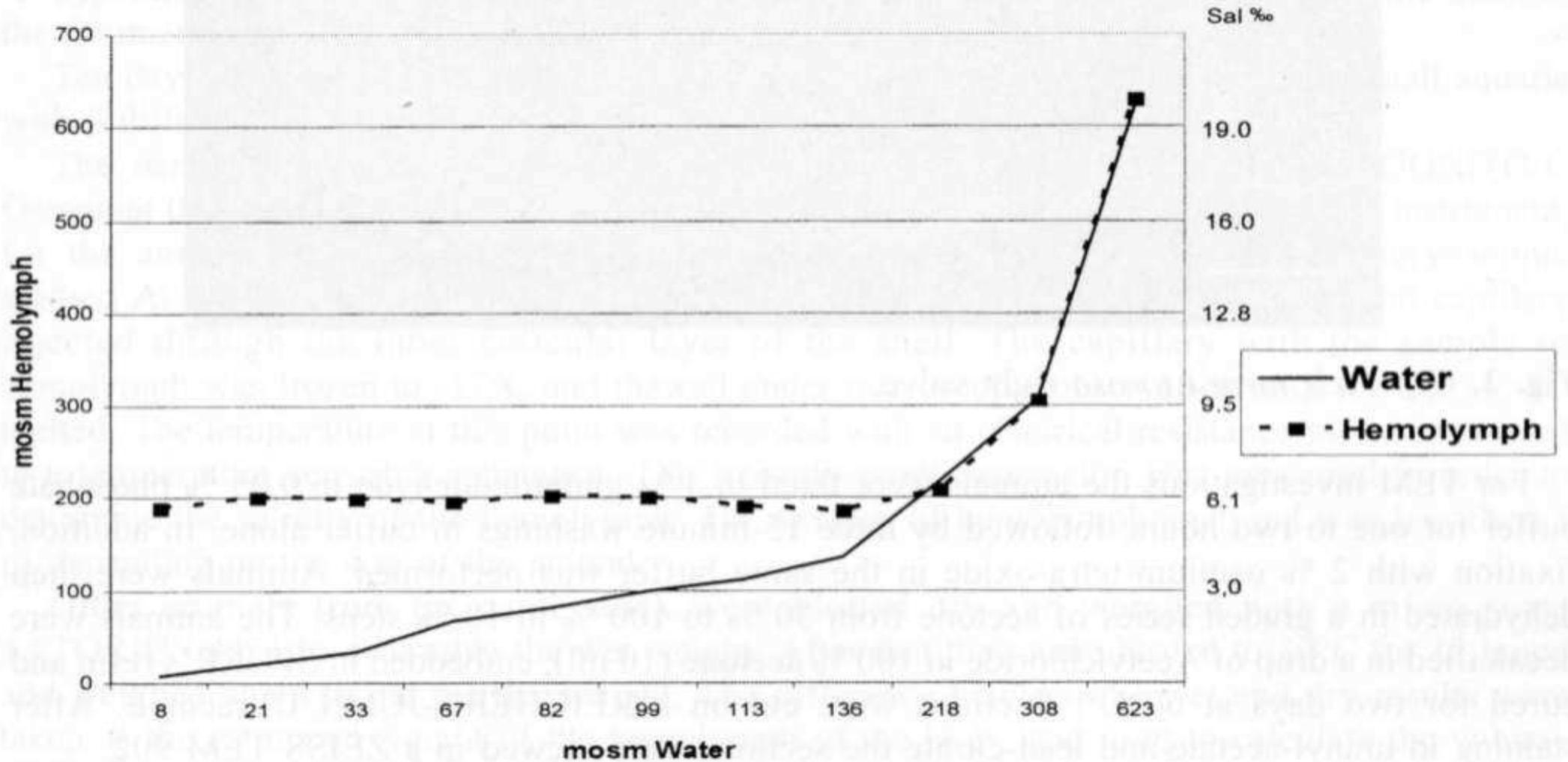


100 μm

Осмолярность гемолимфы *Heterocypris salina* в различных соленостях

Water		Hemolymph (mosm)	
mosm	Sal ‰	Nonmolting	Molting
Lowest surviving limit			
4	0.13		
8	0.26	189	121, 124, 114, 128, 117
21	0.68	200	113, 130
33	1.06	199	
67	2.05	196	112
82	2.50	203	
99	3.00	201	136
113	3.60	191	
136	4.30	187	
218	6.90	209	
308	10.00	306	
623	20.00	630	
Highest surviving limit			
762	24.50		

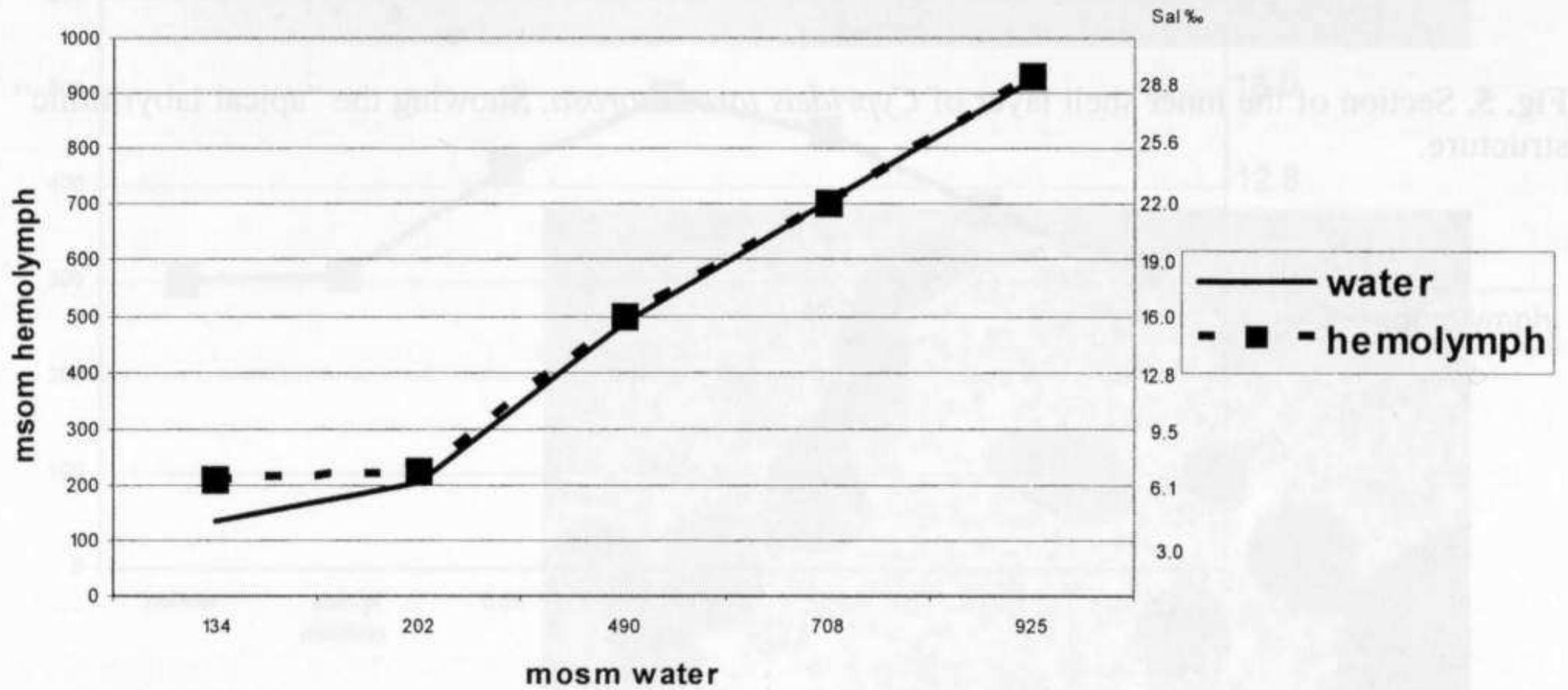
Осморегуляция у *Heterocypris salina*



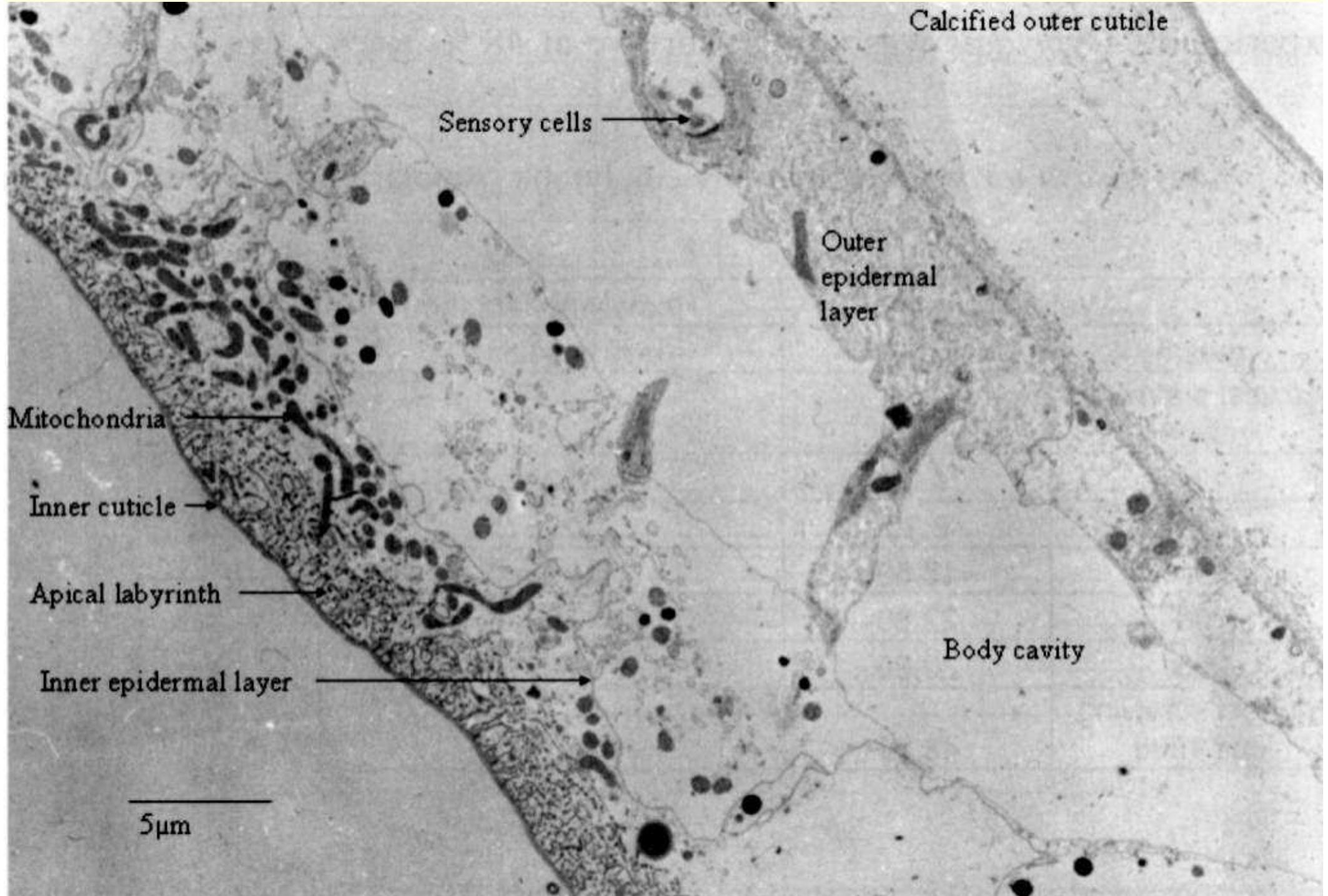
Осмолярность гемолимфы *Cyprideis torosa torosa* в различных соленостях

Water		Hemolymph (mosm)
mosm	Sal ‰	Nonmolting
Lowest surviving limit 14	0.43	
134	4.20	209
202	6.20	225
490	15.50	500
708	22.80	703
925	29.50	928
Highest surviving limit 1505	48.00	

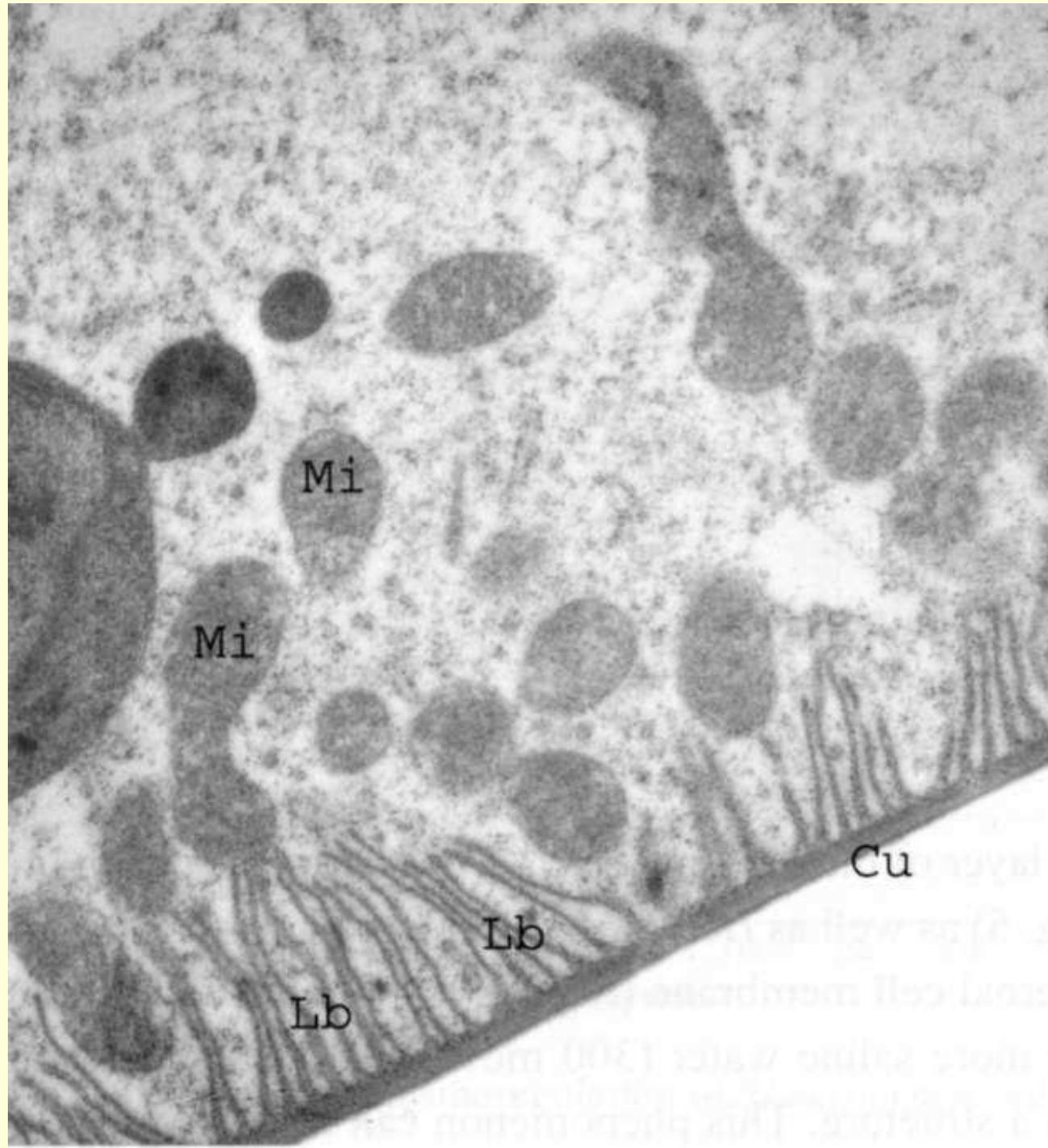
Осморегуляция у *Cyprideis torosa torosa*



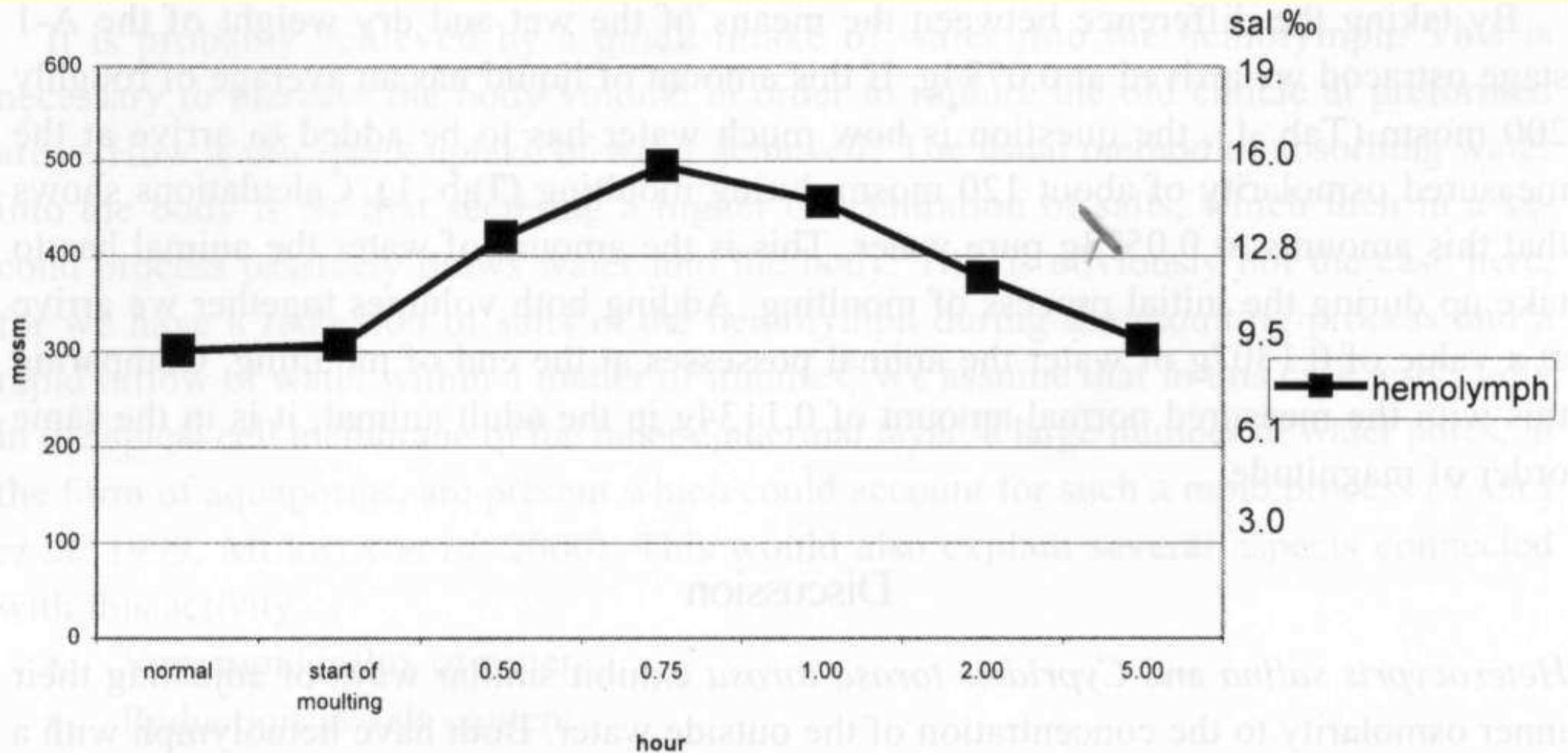
Срез внутреннего слоя раковины *Cyprideis torosa torosa*,
показывающий апикальную лабиринтную структуру



Срез внутреннего слоя раковины с лабиринтной структурой
Mi – митохондрии; Cu – кутикула; Lb – лабиринтная структура



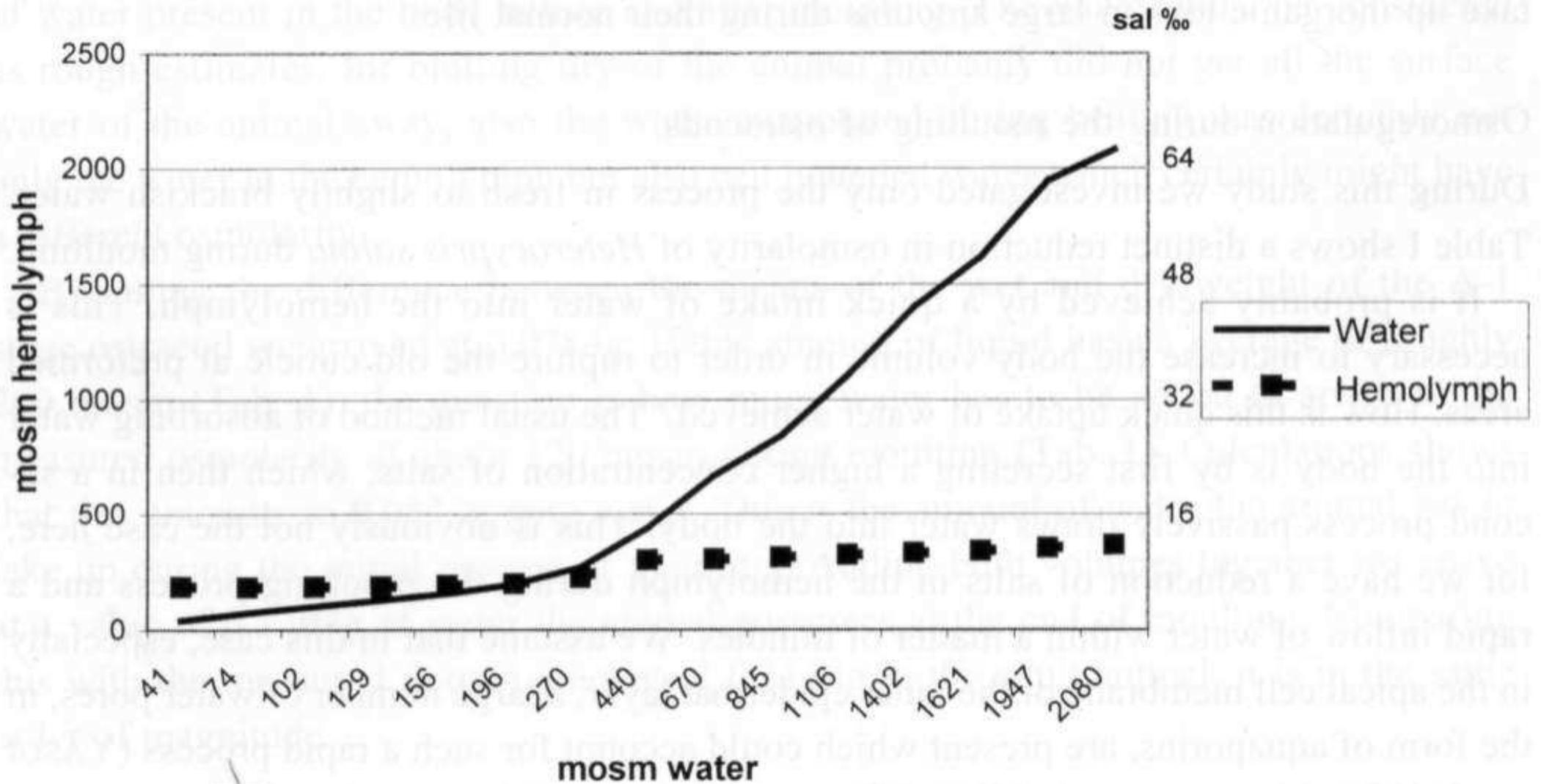
Осморегуляция у *Cyprideis torosa amphiosmotica* из Черного моря во время линьки (в солоноватой воде соленостью 20‰, 646 мосм)



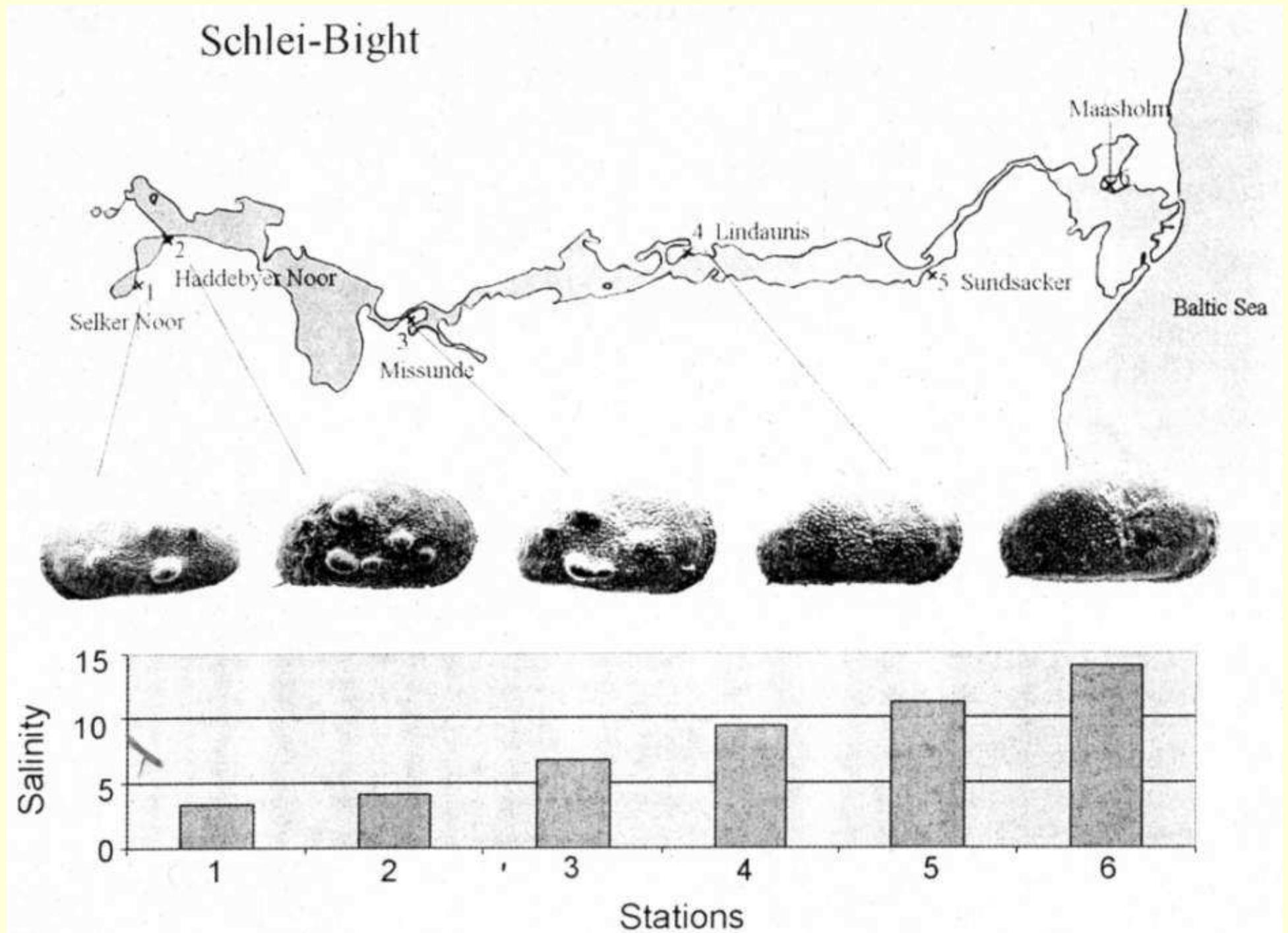
Вес взрослых *Heterocypris salina* и последней личиночной стадии A1

	Wet (g)	Dry (g)	Loss (g)
ADULT	0.1630	0.0510	0.1120
	0.1366	0.0370	0.1000
	0.1592	0.0420	0.1170
	0.1450	0.0370	0.1110
	0.1760	0.0490	0.1270
MEAN	0.1560	0.0432	0.1134
A-1			
	0.1074	0.0334	0.0740
	0.1120	0.0338	0.0782
	0.1136	0.0289	0.0847
	0.1044	0.0353	0.0691
	0.1095	0.0236	0.0859
MEAN	0.1094	0.0310	0.0784

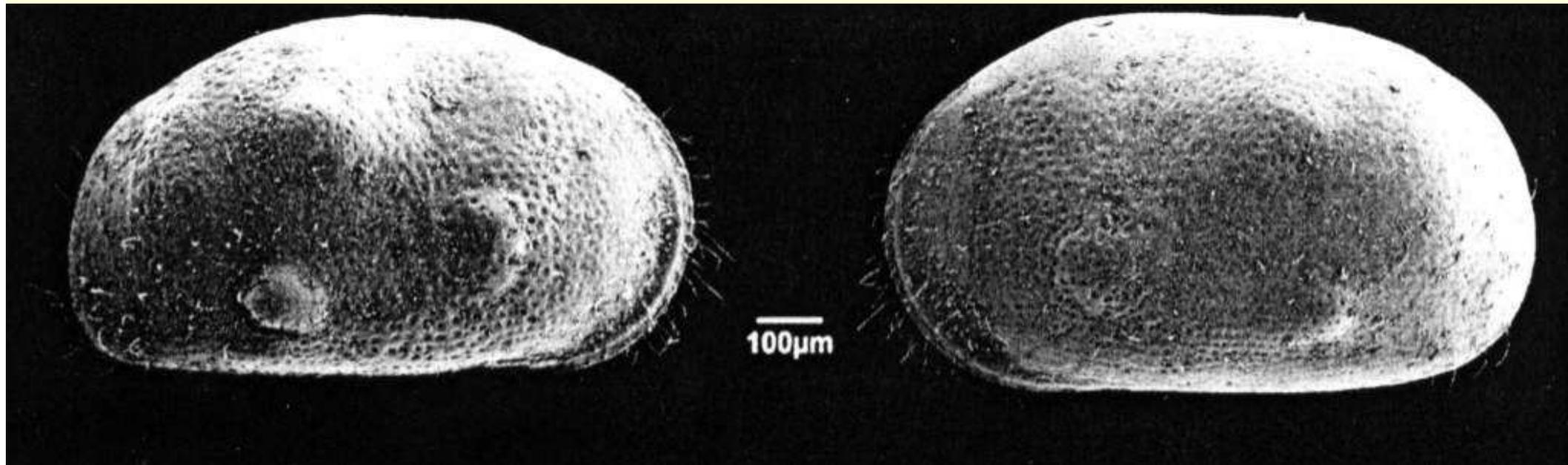
Изоосмотическая регуляция у *Cyprideis torosa amphiosmotica* из Черного моря



Различия скульптуры раковин *Cyprideis torosa* в различных соленостях



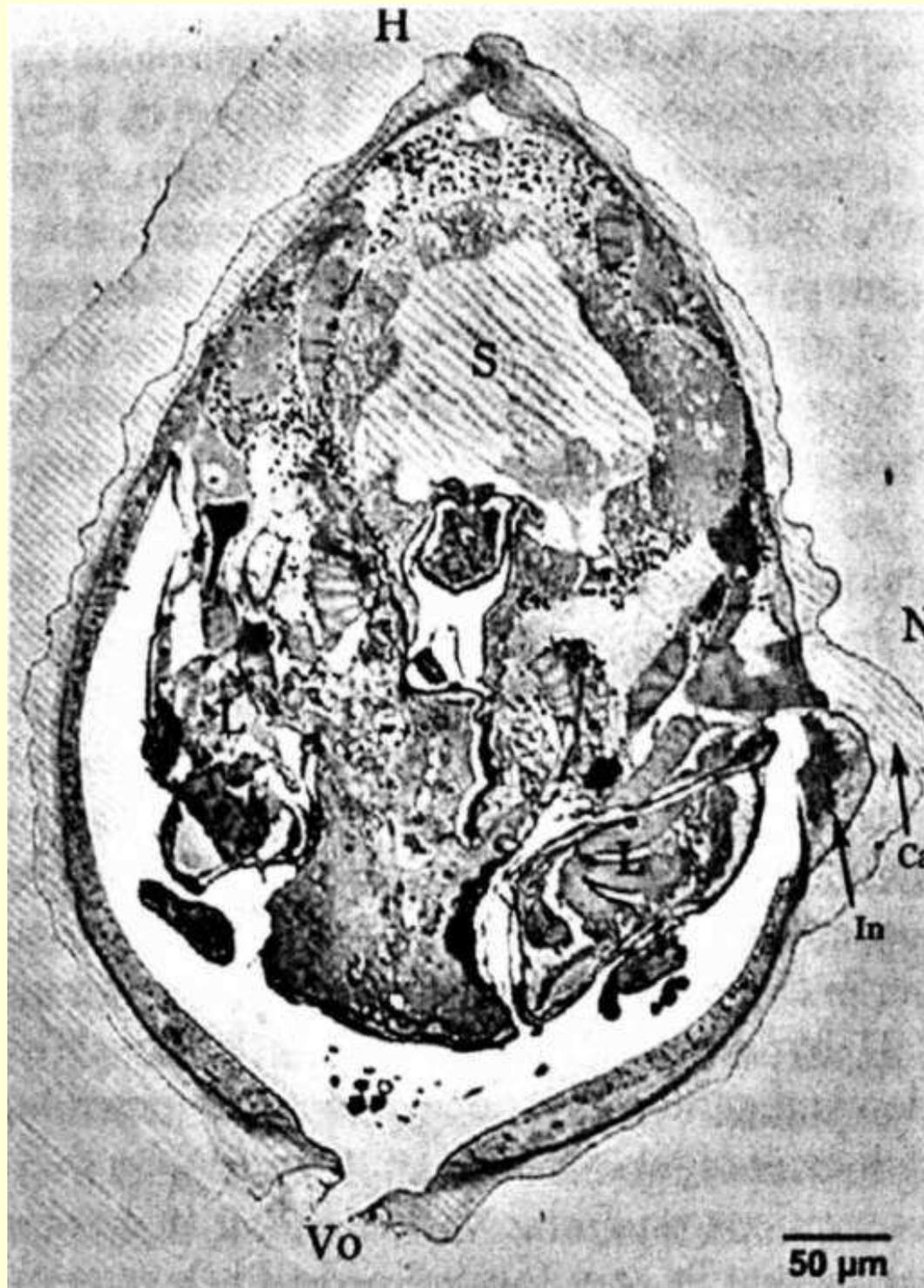
Левая и правая створки одного и того же экземпляра
Cyprideis torosa из низкой солености



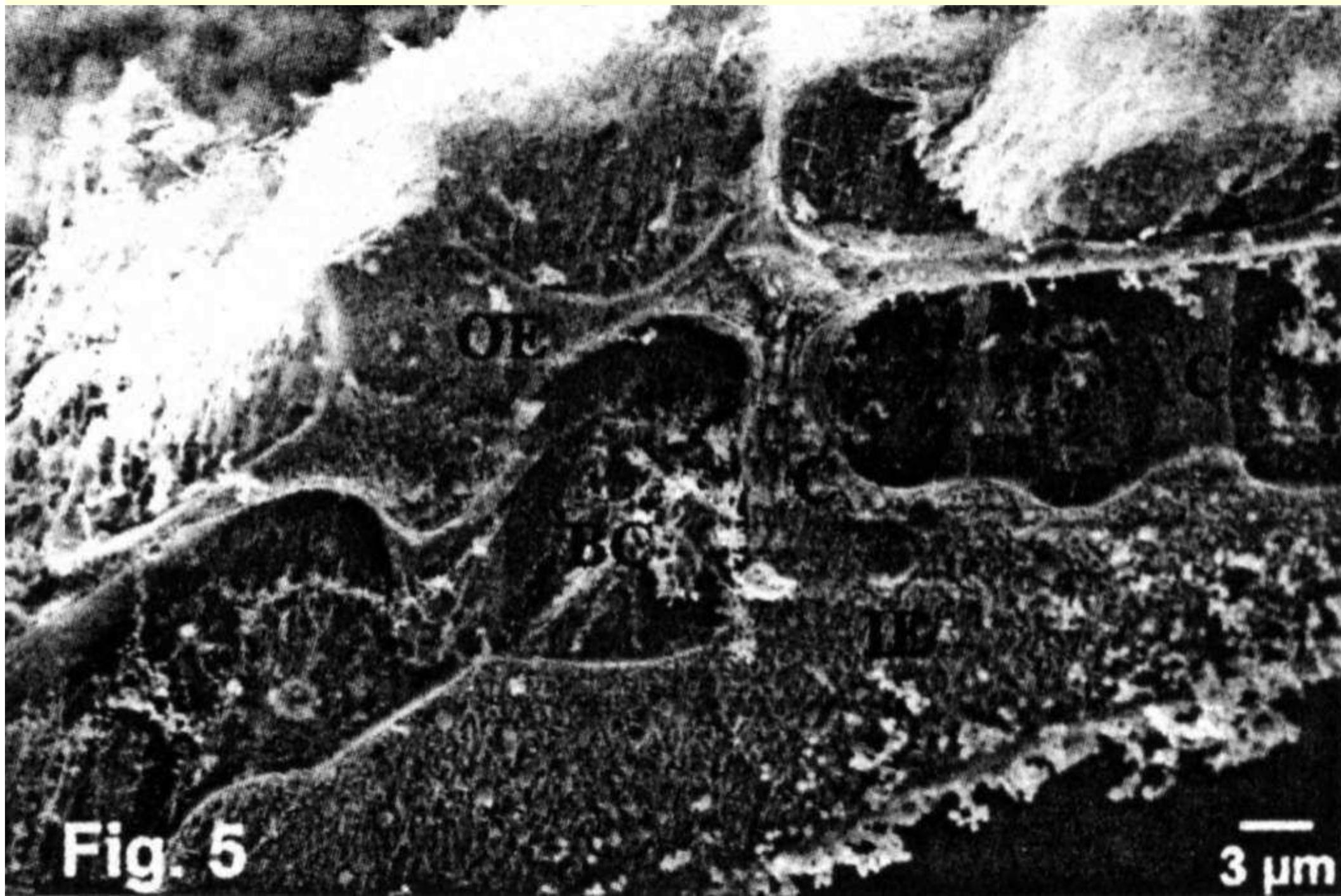
Бугорок на раковине *Cyprideis torosa* из солености 3.5‰



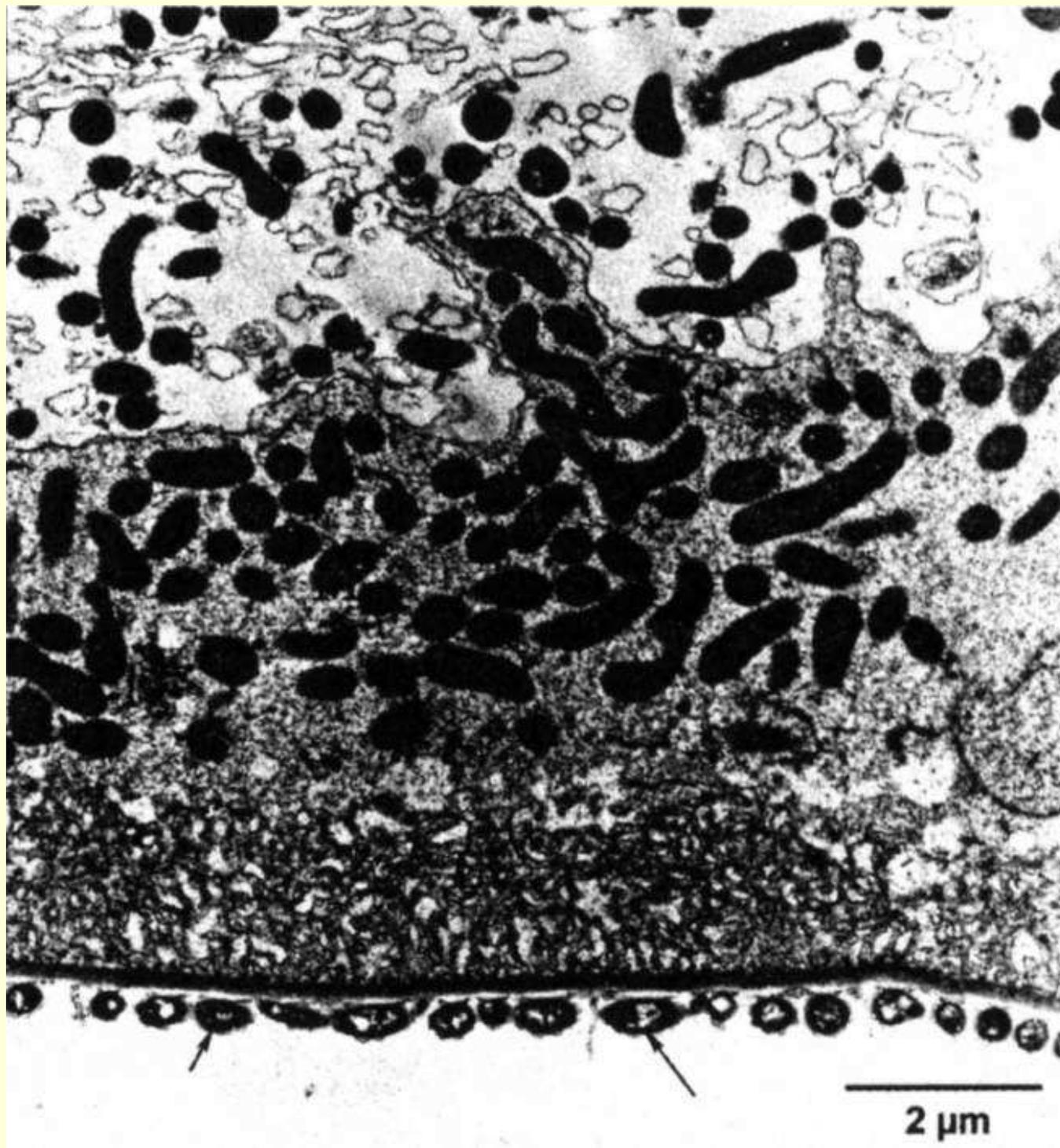
Срез личинки (A-4) *Cyprideis torosa*



Срез эпидермальных клеток *Cyprideis torosa*



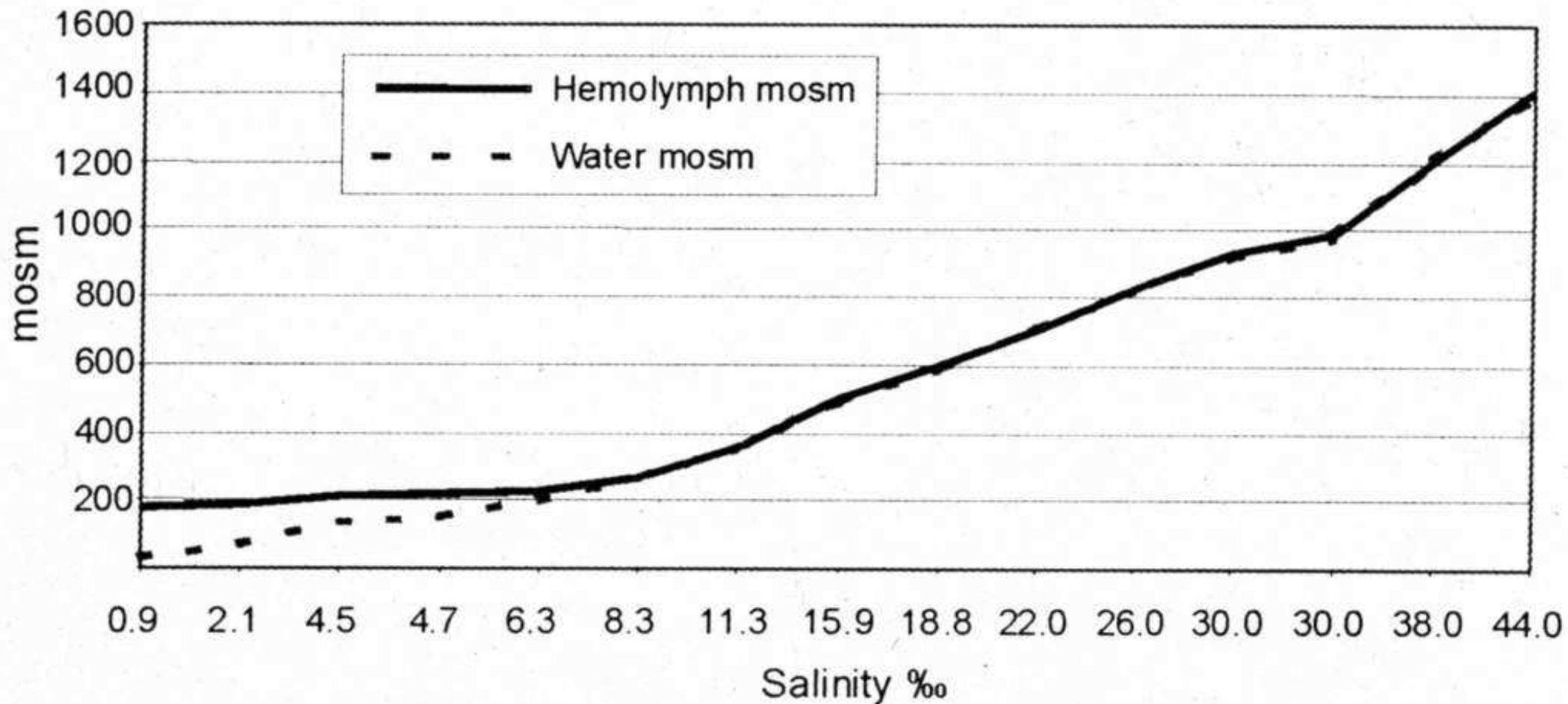
Срез внутреннего эпидермального слоя у гладкой *Cyprideis torosa*



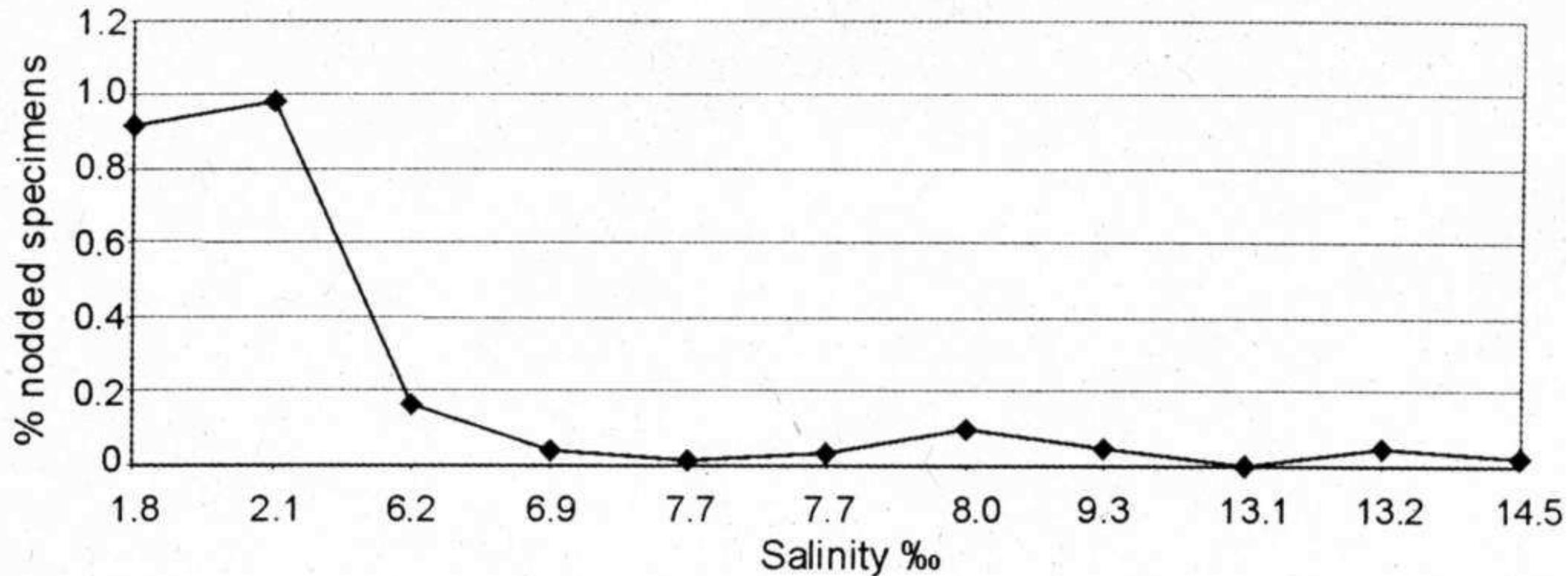
Осмолярность гемолимфы у *Cyprideis torosa*

Water, mosm	Hemolymph, mosm	Salinity water, ‰
Lowrest surviving limit, 14		0.5
31	180	0.9
72	184	2.1
134	209	4.5
150	220	4.7
202	225	6.3
263	266	8.3
356	359	11.3
490	500	15.9
591	596	18.8
708	703	22
825	824	26
925	928	30
978	982	30
1208	1203	38
1398	1406	44
Highest surviving limit, 1505		48

Осморегуляторные способности *Cyprideis torosa* из низкой солености



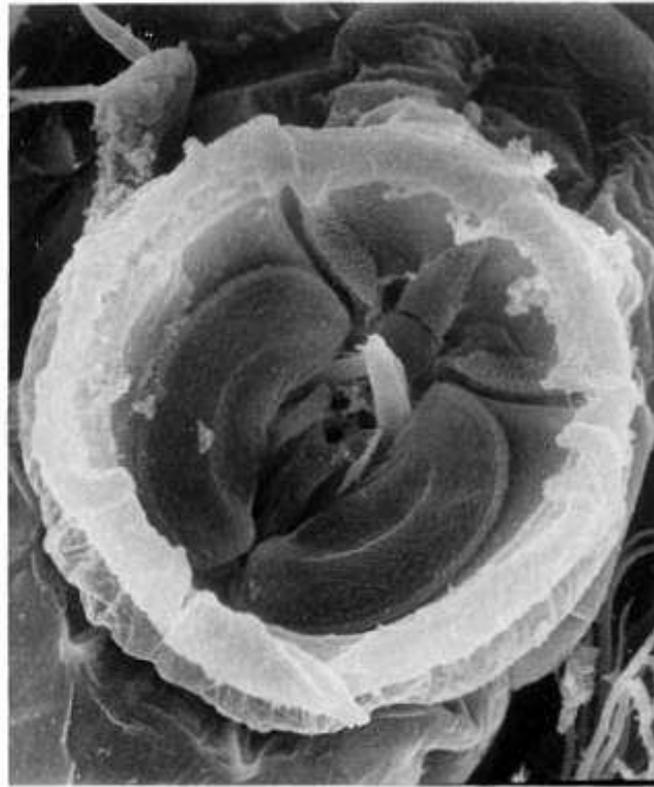
Встречаемость бугристых экземпляров *Cyprideis torosa*
в Schlei Bight, Балтийское море
(по: Vesper, 1972)



Эктопаразитическое ракушковое ракообразное
Acetobulastoma hyperboreum hyperboreum



A



B

A – вид с вентральной
стороны

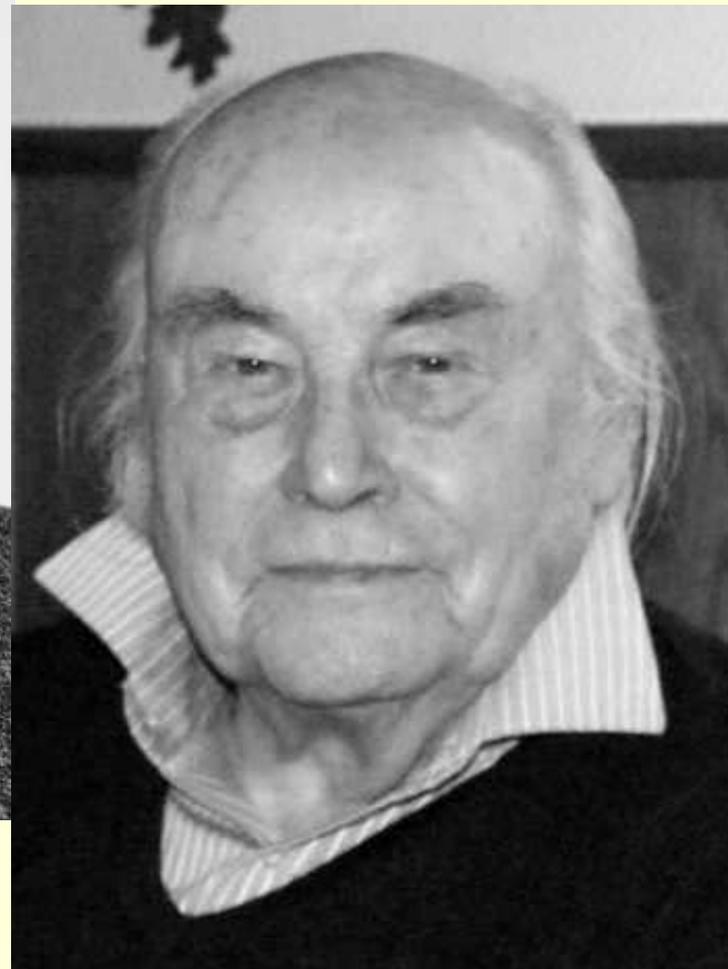
B – прикрепительный диск



Адольф Ремане
Adolf Remane
1898–1976



Владислав Хлебович



Отто Кинне
Otto Kinne
1923-2015

Выводы

1. Фауна ракушковых и жаброногих ракообразных неполносолёных морей значительно беднее таковой полносолёных морей.
2. Фауна ракушковых и жаброногих ракообразных солёных озёр значительно беднее таковой пресноводных озёр.
3. Солоноватоводные виды ракушковых и жаброногих ракообразных реально существуют, хотя их число сильно уступает таковому морских и пресноводных видов.
4. При анализе фауны ракушковых и жаброногих ракообразных всех типов морей и озёр надо обязательно учитывать и немногочисленные гипергалинные виды, которые обитают в литоральных ваннах скалистых берегов и на солёных маршах мелководий.
5. Наши новые данные об осморегуляторных способностях и солёностных адаптациях ракушковых и жаброногих ракообразных не противоречат научным взглядам Ремане-Хлебовича-Кинне.

<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=6058>

Финский залив

река Нева

Ладожское озеро

Благодарим за внимание