

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



29
—
1988

ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ И ГРУПП

УДК 582.232:581.19

Д. Д. РЫНДИНА, Г. Г. ПОЛИКАРПОВ

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МАССОВОЙ ЧЕРНОМОРСКОЙ МЕДУЗЫ AURELIA AURITA (L.) В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОГО РОСТА

В последние годы в Черном море наблюдается тенденция к увеличению численности медуз *Aurelia aurita* и перестройка конечных звеньев трофических цепей пелагиали [3, 7, 8]. В литературе имеются отрывочные сведения о биохимическом и элементарном составе ушастой медузы [1]. Изменения его в период интенсивного роста (диаметр диска 3—20 см) изучали мало [5, 6, 10]. В связи с отмеченными обстоятельствами мы определяли содержание К, Na, Са, Mg, Zn, Mn, Fe, Cu, S, P, Cl⁻+Br⁻, минеральных и органических веществ в теле *A. aurita*, роль отдельных групп органических соединений в процессах концентрирования химических элементов, а также изучали роль липидных фракций в активном транспорте Mn, Fe, Zn, Cu тканями медуз из окружающей среды.

Материал и методика. Исследование проводили с образцами *A. aurita*, собранными в районе Херсонесской бухты в марте 1982 и 1983 гг.

Для определения Na, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Mn, Fe отобранных по диаметру диска медуз (3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14 и 19 см) ополаскивали в дистиллированной воде, взвешивали, выпаривали на водяной бане до воздушно-сухого состояния, высушивали в сушильном шкафу до постоянной массы при 60 °С, озоляли в муфельной печи при 450 °С, а затем обрабатывали при нагревании концентрированной азотной кислотой до исчезновения окислов азота и растворяли в 0,1 н. растворе соляной кислоты. Mg, Cu, Zn, Mn, Fe измеряли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Сатурн» (погрешность 2,0—2,5%). К и Na в исследуемых растворах определяли на пламенном спектрофотометре Carl Zeiss и ВПФВГИ.

Для определения Са использовали трилонометрический метод с добавками индикатора калькона (рН 12,5). При определении S и P высушенные образцы медуз сжигали в смеси азотной и хлорной кислот (три объема HNO₃+один объем HClO₄). Полученные остатки (в слу-

Таблица 1. Изменение химического состава черноморской медузы *Aurelia aurita* (L.)

Диаметр диска, см	Анализи- руемые особи, экз.	Средняя масса особи, г живой массы	Сырая масса	Сухая масса	Содержа- ние воды, %	Содержа- ние золы, % сухого вещества	Содержание		
			Сухая масса	Зола			Na	K	
3	22	6,63	31,74	1,376	96,85	72,68	35,620	0,473	
5	70	11,09	36,79	1,290	97,28	77,26	33,900	0,758	
6	66	20,06	42,70	1,428	97,66	70,03	30,450	0,760	
7	48	24,00	43,85	1,296	97,72	77,18	30,060	0,774	
8	36	7,72	44,11	1,302	97,73	76,79	34,890	0,886	
9	34	48,11	58,42	1,293	98,29	77,34	31,560	0,715	
12	18	107,3	42,00	1,400	97,62	71,18	33,230	0,855	
14	14	114,28	44,89	1,284	97,77	77,84	31,050	0,735	
19	4	551,0	63,40	1,280	98,42	78,65	15,805	0,735	

Таблица 2. Изменение соотношений главных ионов в золе *Aurelia aurita* (L.) разных весовых групп

Диаметр диска, см	Na : K	Na : Ca	Na : Mg	Cl : Na	Cl : SO ₄ ²⁻
3	75,29	12,28	—	0,47	12,00
5	44,75	8,83	8,64	0,42	12,13
6	40,08	15,68	8,06	0,33	6,84
7	38,85	16,33	7,71	0,25	5,52
8	39,39	87,22	8,53	0,38	10,03
9	44,13	30,06	6,83	0,30	6,80
12	38,86	17,51	8,22	0,19	4,82
14	42,23	15,68	7,48	0,49	9,57
19	21,50	5,87	6,35	0,44	5,36
Морская вода	21,09	—	—	0,5534	8,69

чае Р) растворяли в дистиллированной воде, рН раствора довели до 7. Дальнейшая обработка проб существенно не отличалась от определения общего фосфора в морской воде [9]. Для выделения из медуз неорганического фосфора их обрабатывали (трижды) спирто-хлороформенной смесью для удаления липидов, а затем 0,1 н. раствором соляной кислоты. Кислотные экстракты отфильтровывали, очищали от белков трихлоруксусной кислотой, озоляли смесью кислот (HNO₃ и HClO₄) и использовали для приготовления рабочих растворов. Серу определяли по бензидиновой методике, используемой в медицине для диагностических исследований [4].

Содержание общих липидов находили по методу Фолча [11]. Экстрагированные спирто-хлороформенной смесью липиды очищали дистиллированной водой. Полученные экстракты озоляли смесью азотной и хлорной кислот и использовали для определения Mn, Fe, Na, K.

Для выяснения роли отдельных групп органических соединений в процессах концентрирования химических элементов из окружающей среды высушенные образцы медуз (диаметром 12 см) последовательно обрабатывали растворами спиртов (95, 80, 50, 25%), карбоната натрия (калия) (1%), соляной кислоты (1%), гидроксида натрия (калия) (4%). В полученных экстрактах определяли содержание химических элементов и наличие липидов, белков, углеводов, свободных α-аминокислот по методикам, описанным ранее [9].

Результаты исследований и их обсуждение. Из табл. 1 видно, что химический состав ушастой медузы разнообразен. Вода в ее теле составляет 96,85—98,00% и не претерпевает значительных изменений при увеличении диаметра диска. Содержание минеральных и органических веществ изменяется с возрастом. Так, весовые категории медуз 6,63, 20,6, 107,3 г (диаметры диска 3, 6, 12 см) накапливают наибольшее

в период наибольшего роста (% зольного остатка)

химического элемента (% зольного остатка)								
Mg	Ca	Cu n·10 ⁻⁷	Zn n·10 ⁻⁷	Mn n·10 ⁻⁷	Fe n·10 ⁻²	P 10 ⁻²	S	Cl ⁻ Br ⁻
—	2,900	4,904	441,890	12,310	2,640	8,128	2,769	16,619*
3,920	3,840	6,312	28,360	6,590	0,618	5,286	2,337	14,190
3,780	1,940	5,652	26,060	6,690	0,485	5,896	2,959	10,119
3,970	1,740	6,700	28,090	6,690	0,374	7,066	1,642	7,612
4,090	0,400	4,800	32,950	15,620	0,988	6,432	2,651	13,150
4,620	1,050	5,790	27,850	6,420	0,736	13,312	2,825	9,609
4,040	1,898	25,630	27,750	6,890	0,316	23,417	2,646	6,377
4,150	1,980	3,960	17,000	7,870	0,909	16,014	3,168	15,170
2,490	2,690	4,200	18,810	19,890	0,631	0,914	2,569	4,199

Таблица 3. Изменение коэффициентов накопления химических

Диаметр диска, см	Na	K	Mg	Ca	Cu
3	0,81	1,23	—	2,11	37,44
5	0,71	1,81	0,99	2,58	45,06
6	0,50	1,41	0,74	1,02	30,64
7	0,47	1,54	0,84	2,22	39,44
8	0,60	1,57	0,85	0,02	27,86
9	0,42	1,07	0,74	0,44	25,55
12	0,56	1,65	0,83	1,03	144,78
14	0,54	1,44	0,87	1,10	22,90
19	0,19	1,03	0,37	1,06	17,45

* В расчете на сырую массу.

количество органических веществ, максимум содержания золы характерен для весовой категории 551 г (диаметр 19 см).

Состав золы в период роста медуз не постоянен; 60% ее составляют элементы, наиболее распространенные в морской воде — Na, K, Cl, Mg, Ca, SO_4^{2-} . Но только соотношение их (Na : K; Na : Ca; Na : Mg; Cl + Br : Na; Cl + Br : SO_4^{2-}) в телах медуз иное, чем в окружающей среде (табл. 2). Для каждой весовой категории характерны свои величины, изменение которых приводит к появлению новых качественных изменений в организме медуз. По сравнению с морской водой медузы различных возрастов могут содержать повышенное количество K, Ca, S, коэффициенты накопления их в организмах могут достичь 1,8—2,6 единиц в расчете на сырую массу (табл. 3).

Таблица 4. Соотношение некоторых биогенных элементов в золе *A. aurita* (L.) в период максимального роста

Диаметр диска, см	Fe	Fe	Fe	P
	Cu	Mn	P	Mn
3	53,80	21,53	0,26	81,28
5	9,62	9,38	0,18	52,86
6	8,65	7,25	0,12	58,96
7	5,59	6,31	0,09	70,66
8	18,76	5,77	0,09	64,32
9	12,73	11,91	0,08	133,12
12	12,35	4,58	0,00	234,17
14	21,29	10,81	0,07	160,14
19	16,78	3,16	0,35	9,14

Na, Mg, $\text{Cl}^- + \text{Br}^-$ активно не транспортируются тканями медуз из окружающей среды. Содержание биогенных элементов, их соотношение в организме изменяется с возрастом (табл. 4) и имеет свои особенности.

Таблица 5. Экстракция химических элементов

Реагент	Условия проведения эксперимента	Процент	
		Mn	
Этиловый спирт	Длительная обработка при 20 °C (проведена трижды)	4,62±0,21	
95%-ный	То же	11,63±0,12	
80%-ный	" "	28,27±0,21	
50%-ный	" "	9,31±0,04	
25%-ный	" "		
1%-ный раствор углекислого натрия с добавками 0,02% Sodium dodecyl sulphate	Нагревание при 40 и 90 °C в течение 1 ч (проведено дважды), промывка дистиллированной водой до pH 7	11,62±0,60	
1%-ный раствор соляной кислоты	Кипячение в течение 1 ч (проведено дважды), промывка дистиллированной водой	27,86±0,26	
4%-ный раствор гидроксида натрия	Кипячение в течение 1 ч (проведено дважды), промывка дистиллированной водой до pH 7	6,91±0,07	

элементов в медузоидной форме *Aurelia aurita* (L.) *

Zn	Mn	Fe	P	S	Cl ⁻ Br ⁻
304,87	936,18	863,55	2282	1,39	0,38
192,77	462,42	186,05	733	1,08	0,30
138,25	366,23	133,73	647	1,07	0,17
116,55	348,99	94,37	740	1,07	0,13
168,43	906,02	220,52	1754	1,01	0,23
116,55	272,74	139,18	1142	0,82	0,13
149,81	390,59	76,65	2744	0,98	0,11
88,11	455,18	210,86	2187	1,20	0,26
61,69	926,27	125,57	975	0,98	0,05

Отношение количеств Fe : Mn для весовых категорий медуз более 7 г в 1,7—11,7 раз меньше, чем в тотальном зоопланктоне [2]. Только 11% фосфора в теле медуз представлены неорганической формой. Меняется соотношение между P, S и суммарным содержанием Cl⁻+Br⁻ в организмах ушастой медузы. Если у особей (масса 6,63 г) оно равно соответственно 1 : 34, 1 : 204,5, то при увеличении диаметра диска (до 19 см) возрастает удельное участие серы и соотношение принимает вид 1 : 281, 1 : 459,4.

Содержание микроэлементов в теле *A. aurita* также изменяется. Величины коэффициентов накопления Zn, Mn, Fe на отдельных этапах развития могут достигать 305—940 единиц в расчете на сырую массу. Локализация Fe, Mn, Cu, Sr в биохимических компонентах *A. aurita* различна (табл. 5).

В зависимости от химического сродства к соединениям, экстрагируемым различными реагентами, перечисленные элементы могут быть условно разбиты на две группы. К первой группе можно отнести щелочные металлы — Na и K. Основная часть их (72% Na и 81% K) экстрагируется из *A. aurita* 80%- и 50%-ными растворами спиртов, обогащенными α-аминокислотами. В более разбавленных растворах были обнаружены их минеральные соли. Содовые растворы извлекали из медуз 45% K, а потом — 5,0% Na. По-видимому, эта часть элементов образует прочные химические связи с углеводными комплексами ушастой медузы. Кислотные (нуклеиновые) фракции содержат значительные количества этих элементов. Количество K и Na, связанное с соединениями белковой природы, не превышает 2,49% (Na) и 3,62% (K).

из высушенных образцов *Aurelia aurita* (L.)

экстракции химических элементов			
Fe	Zn	Na	K
10,7±0,60	0,60±0,03	1,28±0,06	4,46±0,02
1,70±0,10	13,60±0,06	19,26±0,04	51,25±1,20
7,90±0,20	2,00±0,01	25,67±0,03	30,64±0,94
1,01±0,01	1,00±0,00	7,70±0,02	—
8,20±0,31	1,00±0,10	37,25±0,93	4,46±0,30
78,81±0,80	81,51±0,61	4,36±0,16	1,95±0,06
1,72±0,12	0,51±0,01	4,49±0,02	3,62±0,07

Таблица 6. Величины коэффициентов накопления Mg, Zn, Fe в липидных фракциях *Aurelia aurita* (L.)

Средняя сырая масса особи, г	Содержание липидов (% живой массы)	Коэффициент накопления		
		Mn	Zn	Fe
6,63	0,0154	71 545	131 005	1 243 874
20,06	0,1199	3603	8325	21 089
33,30	0,1485	7198	8619	33 544
107,30	0,1500	3074	7589	11 361
551,10	0,0708	15 440	6622	39 450

Элементы второй группы (Zn, Mn, Fe, Cu) могут переходить в растворы спиртов различной концентрации. Сродство к различным группам органических соединений у них выражено неодинаково. Если основная часть Fe (69,45%) и Zn (81,51%) экстрагируется разбавленными растворами кислот и процент экстракции их спиртами, обогащенными α -аминокислотами, не превышает 8,9% (Fe) и 8,6% (Zn), то у Mn и Cu выражена тенденция к переходу в спиртовые и основные растворы (1% — Na_2CO_3 , 4% — NaOH). Экстракция их 80%- и 50%-ными растворами этилового спирта уже составляет 40%. Увеличивается роль углеводных (содовых) и белковых (щелочных) фракций. Содержание Mn и Cu в кислотных экстрактах (по сравнению с Fe и Zn уменьшается в 1,9—3,0 раза. По-видимому, одна часть этих металлов (как и Zn, Fe) связана с нуклеиновыми кислотами, другая переходит в растворы при разрушении кремниевых комплексов медуз в кислой среде.

Для элементов второй группы характерно химическое сродство к веществам липидной природы. Общее содержание этих фракций в *A. aurita* лежит в пределах 0,49—6,55% в расчете на сухую массу характерно для каждой весовой категории (табл. 6). Они могут концентрировать от 7,6 до 22,2% микроэлементов, поступающих в организм из окружающей среды. Величины коэффициентов накопления Zn, Mn, Fe в этих фракциях медуз лежат в пределах $5010\text{—}9 \cdot 10^6$ единиц в расчете на сухую массу и изменяются по мере роста и развития особей.

Таким образом, биохимический и элементарный состав медузоидной стадии *A. aurita* динамически подвижен и зависит не только от химического состава среды обитания, но и от физиологического состояния организмов.

Выводы

1. Содержание минеральных и органических веществ у *A. aurita* изменяется с возрастом. Весовые категории медуз 6,6, 20,7, 107,3 г (диаметром 3, 6, 12 см) накапливают от 27,2 до 29,9% органических соединений. Максимальное количество неорганических веществ (78,6%) характерно для образцов с диаметром диска 19 см.

2. Состав золы *A. aurita* динамически подвижен, 60% ее составляют элементы, распространенные в морской воде — Na, K, Mg, Ca, Cl, Cl+Br, SO_4^{2-} , но только соотношение Na : K; Na : Ca; Na : Mg; Cl+Na; Cl+ SO_4^{2-} в телах медуз иное, чем в окружающей среде и характерно для каждой возрастной группы.

3. *A. aurita* является концентратором ряда химических элементов — Cu, Zn, Mn, Fe, P. Величины коэффициентов накопления их в организме могут достигать 144,8—2744,0 единиц в пересчете на живую массу.

4. Липидные фракции *A. aurita* можно рассматривать в качестве промежуточного депо Mn, Fe, Zn при активной транспортировке их в ткани медуз из окружающей среды.

1. Виноградов А. П. Химический элементарный состав организмов моря // Тр. био-геохим. лаборатории. — 1935. — Ч. 1. — С. 253—258.
2. Виноградов З. А., Петкевич Т. А. Химический элементарный состав планктона Черного, Азовского и Каспийского морей // Биохимия морских организмов. — Киев : Наук. думка, 1967. — С. 70—82.

3. Гомою М. Т., Куприянов А. А. Оценка численности и распределения медуз *Aurelia aurita* в восточной части Черного моря // Экосистемы пелагиали Черного моря. — М.: Наука, 1980. — С. 191—198.
4. Джорджедеску П., Пэунеску Е. Биохимические методы диагноза и исследование. — Бухарест, 1963. — 499 с.
5. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / Под ред. А. В. Топачевского. — Киев: Наук. думка, 1975. — 246 с.
6. Миронов Г. Н. Питание планктонных хищников: Пищевая потребность и суточные рационы *A. aurita* (L.) // Биология и распределение планктона южных морей. — М.: Наука, 1964. — С. 124—130.
7. Миронов Г. Н. Биомасса и распределение медуз *A. aurita* (L.) по данным траловых ловов 1949—1969 гг. в Черном море // Биология моря. — Киев, 1971. — Вып. 24. — С. 49—69.
8. Михайлов Б. Н. О питании черноморской медузы *Aurelia aurita* // Зоол. журн. — 1962. — 41, вып. 2. — С. 286.
9. Руководство по методам химического анализа морских вод / Под ред. С. Г. Орадовского. — Л.: Гидрометеониздат, 1977. — 208 с.
10. Рындина Д. Д., Князева Л. И., Мигаль Л. В., Охрименко В. Д. Химический состав массовой черноморской медузы *Aurelia aurita* (L.) // Состояние, перспективы улучшения и использования морской экологической системы прибрежной части Крыма: Тез. науч.-практ. конф., посвящ. 200-летию города-героя Севастополя. — Севастополь, 1983. — 174 с.
11. Шульман Г. Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. — М.: Пищевая пром-сть, 1972. — 367 с.

Ин-т биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 17.02.87

D. D. RYNDINA, G. G. POLIKARPOV
**CHEMICAL COMPOSITION OF MASS BLACK-SEA MEDUSA
AURELIA AURITA (L.) DURING INTENSIVE GROWTH**

Summary

Results from determinations of Na, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Mn, Fe, P, S, Cl+Br at the medusoid stage of different weight categories: 6.6-551.0 (disc diameter of 3-19 cm). It is found that the ratio of basic ions in the medusa bodies and in sea-water is different and typical of each age group. Lipid fractions of *A. aurita* participate in the active transport of Zn, Mn, Fe from the environment into the animal tissues (values of accumulation coefficients can reach $7 \cdot 10^4$ - $1.2 \cdot 10^6$ units).

УДК 593.7:591.13

Б. Е. АННИНСКИЙ

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПИЩИ НА РАЦИОН МЕДУЗЫ
AURELIA AURITA (L.)
ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

Одним из центральных в трофологии является вопрос о связи между рационом животных и обеспеченностью их пищей, определяемой обычно через концентрацию жертв, других пищевых частиц и субстанций. Решение этого вопроса в значительной степени облегчает понимание широкого круга гидробиологических проблем: хватает ли пищи хищнику; какой будет динамика численности жертв; каковы пороговые концентрации питания; существуют ли так называемые нулевые концентрации жертв, являющиеся их «убежищем» от выедания [11].

Эти проблемы приобретают все большую актуальность в приложении к медузам и гребневикам, увеличение биомассы которых в последние годы свидетельствует об усилении их воздействия на планктонные сообщества в целом [5, 7, 8]. В Черном море биомасса обычной сцифоидной медузы *A. aurita* также заметно возросла и составляет сейчас, по различным оценкам, 200—450 млн т [5].

Черноморская *A. aurita* отличается от большинства видов Scyphozoa относительно большей долей в рационе растительной пищи и детри-