

ПРОВ 98

ПРОВ 2010

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

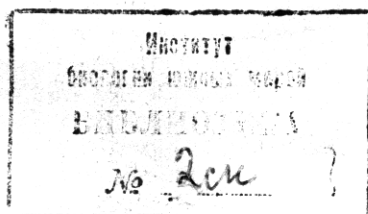
БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 43

ВОПРОСЫ ГИДРОБИОЛОГИИ
ЧЕРНОМОРСКОГО ШЕЛЬФА



КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1977

Т. А. Петкевич, Р. П. Кандюк, И. А. Степанюк,
В. И. Лисовская, Л. Д. Каминская, Т. И. Еременко

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ ГИДРОБИОНТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ И ЛИМАНОВ

В последнее время донные биоценозы северо-западной части Черного моря испытывают сильное и разностороннее влияние деятельности человека. В условиях зарегулирования стока рек, строительства портов, реконструкции берегов особенно возрастает значение комплексного исследования биохимического состава бентосных организмов, в частности моллюсков, ракообразных, а также макрофитов, в разных экологических условиях для решения ряда теоретических и прикладных вопросов.

В основу статьи легли материалы, собранные в прибрежной зоне Одесского залива и в прилегающих районах в течение 1973—1975 гг. (номера станций см. на рис. 1, стр. 59).

Сборы ракообразных проводили в верхней сублиторали до глубины 1 м на естественных каменистых грунтах и с поверхности бетонных стен гидротехнических сооружений (траверсы и волноломы), покрытых зарослями водорослей. В районах исследования температура воды колебалась в зимний период от 2 до 8° С, в летний — от 13 до 22° С. Соленость варьировала от 9,5 до 17,5‰.

На характере фауны ракообразных района исследований сказывается своеобразие его гидрологического режима, в частности резкие колебания температуры и солености воды.

Исследовали ракообразных: *Isopoda* — *Idotea baltica basteri* Audouin, *Sphaeroma pulchellum* (Colosi), *Amphipoda* — *Stenothoe monoculoides* (Montagu), *Nototropis guttatus* (Costa), *Melita palmata* (Montagu), *Marinogammarus olivii* (M-Edwards), *Dexamine spinosa* (Montagu), *Orchestia bottae* M-Edwards, *Hyale perieri* (Lucas), *Amphithoe vaillanti* Lucas, *Jassa oia* (Bate), *Erichthonius difformis* Edwards, *Corophium bonelli* (M-Edwards).

Изоподы представлены массовыми в прибрежной зоне видами. *I. b. basteri* обильно населяет заросли макрофитов. Размножается с февраля по октябрь. Питается растительной и животной пищей, а также разлагающимися остатками. *S. pulchellum* обитает под прибрежными камнями, питается детритом и остатками водорослей, выносит значительное опреснение.

Большинство из исследованных амфипод (*S. monoculoides*, *N. guttatus*, *M. palmata*, *D. spinosa*, *H. perieri*, *A. vaillanti*, *I. oia*, *E. difformis* и *C. bonelli*) относится к экологической группе фитофилов [4] и населяет прибрежные заросли макрофитов на небольшой глубине. К амфибийным видам, обитающим под камнями и в выбросах водорослей прибойной зоны, относятся *M. olivii*, *O. bottae*. Малоподвижный образ жизни ведут амфиподы, укрывающиеся в трубках, построенных ими из эпифитов и прикрепленных к талломам водорослей или к нижней стороне камней (*A. vaillanti*, *I. oia*, *E. difformis*). По данным И. И. Грезе [3], амфиподы прибрежной зоны питаются помимо макрофитов и детрита минеральными частицами. В приповерхностных слоях пелагиали основу питания амфипод составляют планктонные организмы — диатомовые и перидиниевые водоросли, жгутиковые, низшие ракообразные (Copepoda) и др.

Прибрежные бокоплавы приспособились к резким колебаниям температуры и часть из них размножается в холодное время года (*D. spinosa*, *S. monoculoides*).

Нами начаты также исследования наиболее массовых представителей прибрежной альгофлоры Одесского залива, дающих значительные величины биомассы на каменистом грунте, а также на искусственно созданных поверх-

ностях берегоукрепительных сооружений. Избранные для исследований виды зеленых водорослей *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link, *E. prolifera* (O. Müll.), *J. Ag.*, *E. flexuosa* (Wulf) *J. Ag.* относятся к круглогодичным формам, представленным в прибрежной зоне моря и некоторых лиманах. В течение года происходит смена нескольких генераций. Максимальная биомасса зафиксирована на каменистых россыпях весной и летом (до 2 кг/м²).

Зеленая водоросль *Cladophora vagabunda* (L.) Høek. является сезонной формой, знаменуя началом вегетации наступление весны. Наибольшую биомассу дает на каменистом грунте летом (до 2,5 кг/м²).

Красная водоросль *Porphyra leucosticta* Thur. появляется к концу осеннего и началу зимнего периода. На одесском побережье развивается с ноября по май с максимальной биомассой на известняке до 3 кг/м².

Для растительности каменистых грунтов Днепровско-Днестровского междуречья характерно широкое распространение в псевдо- и верхней сублиторали представителей рода *Ceramium*. На уровне воды развивается плотный «бордюр» *C. elegans* Ducl. Максимум ее развития приходится на сентябрь — октябрь. Прекрасно переносит опреснение и загрязнение. Гидростроительство почти не сказалось на запасах церамiums. В прибойных местообитаниях образует биомассу на уровне воды до 2 кг/м².

Выше уровня воды в холодный период (октябрь — май) на одесском побережье развивается красная нитчатая водоросль *Bangia fuscopurpurea* (Dillw.) Lyngb., указывая на повышенное загрязнение прибрежных вод.

Ulva rigida Ag. широко представлена в Сухом, Дофиновском и других лиманах на мелководе в загрязненных и защищенных местах.

В процессе всестороннего изучения гидробионтов одесского побережья, особенно его краевых биоценозов, стала очевидной недостаточная изученность их биохимического состава. Приведенные исследования (свыше 100 проб ракообразных и водорослей) носят предварительный характер. В ряде случаев результаты трудно интерпретировать в связи с пестротой условий обитания организмов и разным видовым составом амфипод.

МЕТОДЫ БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Количественное содержание липидов, экстрагированных по Фолчу [11], и их фракционный состав определяли методом тонкослойной хроматографии с последующей фотоденситометрией. Стерины определяли методами тонкослойной хроматографии, УФ-спектрометрии и химической реакции Либермана — Бурхарда [14, 7, 15]. Аминокислотный состав исследовали методом распределительной хроматографии на бумаге. При определении микроэлементов высушивание проб проводили при 105° С, сухое озонение при 450—500° С. Применяли метод эмиссионного спектрального анализа (спектрограф ИСП-28). Количественная расшифровка спектрограмм проводилась на микрофотометре МФ-2.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ракообразные. Содержание липидов у идотей колебалась от 5,2% сухого вещества на ст. 32 до 11,3% в районе мыса Е (табл. 1). Из исследованных ракообразных наибольшее количество жира в среднем обнаружено у *Marinogammarus* — 8,7%, наименьшее — у амфипод (смесь видов) — 1,6%. Такие отличия в содержании жира у организмов можно отнести к различному уровню функциональной активности и подвижности, а следовательно и к различным условиям питания. *Idotea* и *Sphaeroma* ведут донный образ жизни; особенно *Sphaeroma*, которые питаются детритом и водорослями. В их пище значительную роль играют полуразложившиеся остатки растительных и животных организмов. *Amphipoda*, в том числе и *Marinogammarus*, мигранты более подвижные, имеют смешанное питание.

В составе липидов ракообразных обнаружено 7 классов: фосфолипиды,

Таблица 1

Содержание липидов и их состав у некоторых ракообразных Одесского залива

Вид	Район исследования	Дата	Липиды		
			% сухого вещества	% суммы фракций	
				Структур-ные	Нейтраль-ные
<i>Idotea baltica basteri</i>	М. Большой Фонтан	3.VII. 73	6,3	53,4	46,5
		10.VII. 73	6,5	51,0	48,9
	М. Е	12.VII. 73	11,3	43,7	44,8
		12.VII. 73	7,6	54,2	45,7
	Ст. 32	18.VII. 73	5,2	60,9	39,1
	Ст. 32	18.VII. 73	5,8	63,8	30,1
В среднем <i>Sphaeroma pulchellum</i> <i>Amphipoda</i>	Ст. 32	18. VII. 73	7,1	54,5	42,5
	М. Большой Фонтан		8,2	25,7	66,2
		3.VII. 73	0,9	41,4	58,6
	М. Е	12.VII. 73	1,2	39,9	60,0
	М. Е	12.VII. 73	1,2	22,5	70,9
	Ст. 32	18.VII. 73	2,6	27,4	63,9
	Ст. 32	18.VII. 73	1,8	34,6	58,5
	Дофиновка	1.X. 74	1,6	49,3	50,6
	Дофиновка	1.X. 74	1,6	48,3	60,7
			1,6	49,6	45,5
В среднем <i>Marinogammarus olivii</i>	Дофиновка	27.IX. 74	9,3	59,7	25,0
	Дофиновка	27.IX. 74	7,2	57,9	30,9
	Григорьевка	7.X. 74	9,9	56,4	43,7
	Григорьевка	7.X. 74	9,9	58,0	31,8
	Григорьевка	23.XII. 74	7,7	63,0	37,0
	Григорьевка	23.XII. 74	7,7	56,2	35,1
В среднем			8,7	58,4	33,1

моно- и диглицериды, стерины, неэтерифицированные жирные кислоты, триглицериды, углеводороды и эфиры стеринов. Количественно определено 5 фракций липидов. В состав липидов входят полярные соединения — фосфолипиды, на долю которых приходится весомая часть от общей суммы липидов. Остальную часть составляет нейтральная (малополярная) фракция, которая состоит из одного и того же набора классов — жирных кислот, триглицеридов, стеринов, углеводородов и др. В состав структурных липидов входят кроме фосфолипидов и стерины. Нейтральные липиды, в отличие от структурных, являются энергетическим резервом в организме.

Состав липидов зависит от видовой принадлежности ракообразных и условий питания. Содержание структурных фосфолипидов в меньшей степени зависит от условий питания, чем содержание триглицеридов. У всех исследованных видов, за исключением *Sphaeroma*, которым свойственно в большей степени синтезировать нейтральные липиды, основной фракцией является фосфолипидная, у *Idotea* и *Marinogammarus* фосфолипидная фракция значительно преобладает над нейтральной.

В составе свободных липидов изученных ракообразных преобладают полярные, на долю которых приходится 49,6—63,5% общей суммы свободных липидов; исключением является сферома. Соотношение (в процентах от общей суммы свободных) липидов полярных и малополярных составляет у *мариногаммаруса* 58,4 : 33,1, у *идотей* 54,5 : 42,5; у смеси видов 49,6 : 45,5 и у сферомы 25,7 : 66,2.

Исследования [16, 17, 19, 20] показали, что некоторые ракообразные не способны синтезировать стерины. Предполагается, что крабы *Portunus trituberculatus*, *Callinectes sapidus*, рак-отшельник *Pagurus*, креветки *Penaeus japonicus* и другие образуют собственные стерины за счет превращения растительных стеринов пищи. Этот вывод представляет интерес в случае создания искусственных пищевых цепей.

Мы выяснили, что у высших ракообразных Isopoda и Amphipoda отсутствует 7-дегидрохолестерин — истинно животный провитамин Д. Другие провитамины Д не были идентифицированы нами в связи с методическими трудностями. Определено суммарное содержание провитаминов Д, метостенола и холестерина.

При исследовании стеринах ракообразных в сезонном аспекте наиболее высокое содержание провитаминов Д наблюдалось в летний период у амфипод и изопод, холестерина — в весенний у амфипод, в летний — у изопод. Самое низкое содержание стеринах отмечено зимой.

Сравнение двух отрядов ракообразных показало, что амфиподы (смесь

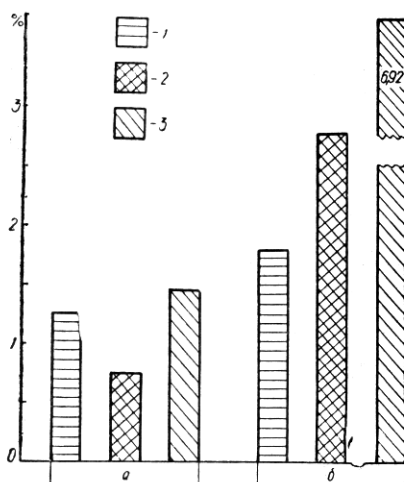


Рис. 1. Содержание стеринах у Amphipoda (смесь видов) (a) и Isopoda (*Idotea baltica*) (б): в % неомыляемой фракции

1 — сумма провитаминов Д; 2 — метостенол; 3 — холестерин.

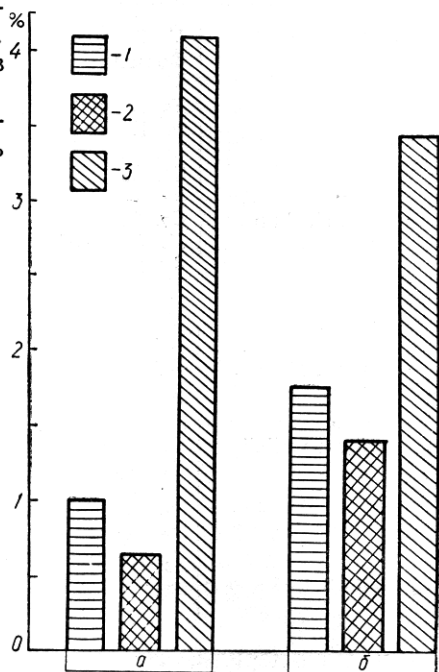


Рис. 2. Содержание стеринах у двух видов Isopoda;

a — *Idotea baltica*; б — *Sphaeroma pulchellum*. Условные обозначения как на рис. 1.

видов) беднее стеринами, чем изоподы (идотеи), провитаминная ценность которых в различных районах также неравнозначна (рис. 1). Так, по содержанию холестерина выделяется идотея ст. 8 и 3 (рис. 1), а быстродействующими стеринами она богаче на ст. 31 и 8. Из двух исследованных видов изопода (идотея и сферома) последний оказался беднее стеринами (рис. 2).

Аминокислотный состав амфипод (смесь видов) и изопод (идотеи) различался как по количественному содержанию отдельных аминокислот, так и по суммарному их содержанию в зависимости от района и времени сбора проб. Суммы аминокислот приведены в процентах сырого вещества. Суммы свободных аминокислот отличались в 2—3 раза, белковых не более чем в 2 раза (рис. 3). По количественному содержанию свободных аминокислот выделялись амфиподы и изоподы ст. 3. На этой станции при одновременном сборе организмов с разных traversов содержание свободных аминокислот у животных с traversа, находящегося дальше от стока пресной воды, было выше в 1,5 раза у изопод и в 2 раза у амфипод, содержание белковых аминокислот было выше у тех и других в 1,5 раза. Среди отдельных свободных аминокислот амфипод и изопод наибольшие различия наблюдались в содержании аргинина, глютаминовой кислоты и глицина (в 5 раз), лизина и аланина (в 3 раза), содержание остальных изменялось не более, чем в 2 раза. Самым низким содержанием отличались серусодержащие и цикли-

ческие аминокислоты (0,009—0,027% сырого вещества), а наиболее высоким — ациклические (0,083—0,230%).

Соотношение свободных и белковых аминокислот у ракообразных составляло во всех пробах примерно 1 : 10. У всех исследованных ракооб-

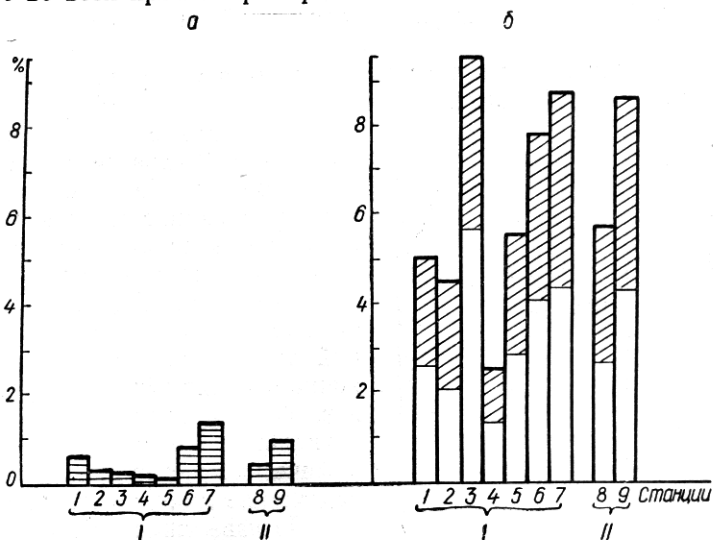


Рис. 3. Соотношение свободных и белковых аминокислот у ракообразных (в % сырого вещества):

а — суммарное содержание свободных аминокислот; б — суммарное содержание белковых аминокислот. Суммарное содержание заменимых заштриховано; остальное — суммарное содержание незаменимых аминокислот (в % общей суммы белковых).

I — амфиподы (смесь видов), II — изоподы (идотей). Станции:

I — м. Северный (Е); 2 — Григорьевский лиман; 3, 5 — м. Большой Фонтан; 4 — ст. 30; 6, 7 — ст. 3; 8 — м. Северный (Е); 9 — ст. 3.

разных из белковых аминокислот преобладали лизин, аргинин, глицин, глютаминовая кислота, аланин и лейцин (0,525—1,800%).

Фонд незаменимых аминокислот в белках ракообразных колебался от 45 до 55% суммы белковых. Среди незаменимых аминокислот преобладали аргинин, лизин, валин и лейцин.

По содержанию минеральных веществ (золы) выделяются сферомы (48—54,5% сухого вещества) и амфипода (33,0—50%); у идотей зола составляет 32—44%. Содержание золы неодинаково у ракообразных, собранных в разных районах побережья и в разное время.

В содержании микроэлементов у изопод и амфипод значительных различий не обнаружено. В пределах каждого отряда имеются иногда значительные колебания в концентрации отдельных элементов, связанные, по-видимому, с различной экологией (рис. 4).

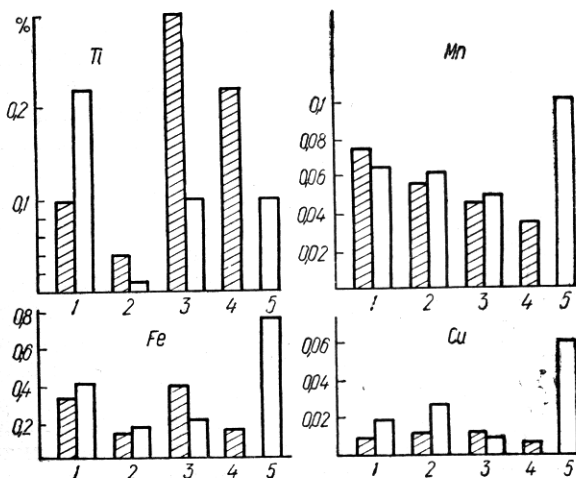


Рис. 4. Содержание некоторых микроэлементов у идотей (заштриховано) и смеси видов амфипод (незаштриховано):

1 — ст. 32; 2 — ст. 34; 3 — район с. Григорьевка; 4 — ст. 3; 5 — Сухой лиман.

При одновременном сборе в Григорьевском лимане ракообразных амфиподы оказались богаче изопод по содержанию меди, железа, алюминия, титана и свинца. Идотей по сравнению со сферомой содержали больше меди, железа, алюминия, цинка, титана, и серебра. Идотей Сухого лимана весной 1975 г. были богаче амфипод того же района медью, марганцем, железом и литием.

При сравнении содержания микроэлементов у крупных и мелких идотей района м. Большой Фонтан летом 1973 г. оказалось, что у крупных особей содержание меди выше в 2,6, бария — в 3 раза, несколько больше, алюминия, цинка, никеля и др. Однако содержание марганца, железа, стронция, ванадия, титана и серебра у них различалось незначительно.

Водоросли. Липиды водорослей отличаются от липидов других растений главным образом высоким содержанием полярных структурных липидов, фосфолипидов, моно- и дигалактозилдиглицеридов и др. Такой специфический состав сильно затрудняет разделение липидов на классы.

По известным данным [2] содержание липидов в водорослях невелико и колеблется от 1 до 3%. По нашим данным, у зеленой водоросли *E. intestinalis* в районе ст. 32 летом 1973 г. при общем содержании липидов 0,03% сухого вещества 39,6% составляли фосфолипиды, а малополярная фракция (триглицериды и пр.) составляла 60,2%. Таким образом, энергетические резервы в 1,5 раза превосходят количество структурных липидов.

Содержание стерина в водорослях изучалось многими авторами. Так, в работах [12, 10] исследовались стерины *Enteromorpha intestinalis* и *Ulva lactuca*. Главным стеринем в обоих видах водорослей является 28-изо-фукостерин (обнаружен мето-

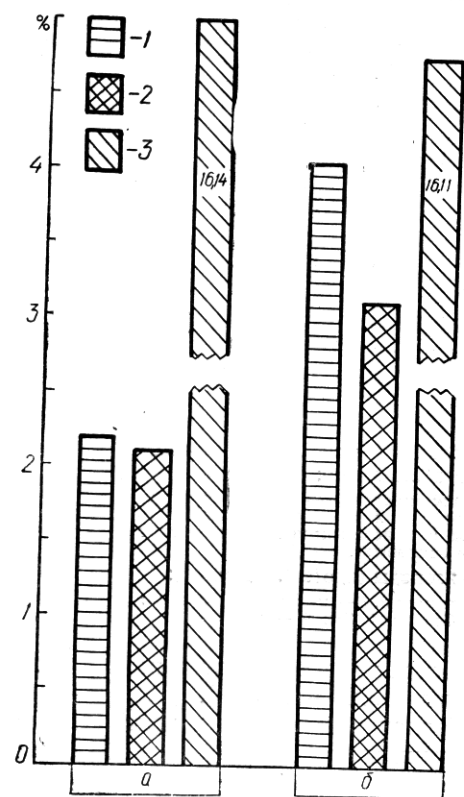


Рис. 5. Содержание стерина у зеленых водорослей:

a — *Enteromorpha intestinalis*; б — *Cladophora vagabunda*. Условные обозначения, как на рис. 1.

дами масс-спектрометрии, ИК-спектров и спектров ЯМР), остальные стерин обнаружены в незначительных количествах.

По данным многих авторов, в составе красных водорослей присутствует холестерин [18, 13]. Нами у зеленых и красных водорослей обнаружен холестерин, метостенол и быстродействующие стерин (суммарно). 7-Дегидрохолестерин у изучавшихся водорослей найден не был, хотя содержание быстродействующих стерина, например у порфиры, значительно и объясняется присутствием других стерина, не идентифицированных нами; холестерин у нее не обнаружен.

При сравнении содержания стерина у зеленых водорослей *E. intestinalis* и *Cladophora vagabunda*, собранных одновременно в одном районе, оказалось, что большую ценность представляет кладофора, концентрирующая значительные количества холестерина, метостенола и быстродействующих стерина (рис. 5).

Сравнение красной водоросли *Porphyra leucosticta* и зеленой *Enteromorpha prolifera* показало, что первая значительно богаче стеринами. У исследованных водорослей нами обнаружен также *цис*- и *транс*- β -каротин.

При изучении аминокислотного состава водорослей мы стремились определить соотношение свободных и белковых аминокислот, которое важно для характеристики азотистого баланса гидробионтов. Имеющиеся в литературе сведения [1, 5, 7] касаются только белковых аминокислот двух родов зеленых водорослей и филлофоры. Мы исследовали изменения аминокислотного фонда некоторых массовых видов водорослей разных районов одесского побережья. Высоким содержанием свободных аминокислот отличалась *E. intestinalis* по сравнению с *C. vagabunda* и *E. prolifera*, у которых оно почти одинаково. Свободные аспарагиновая и глутаминовая кислота, аланин, валин и лейцин содержались в наибольшем количестве. Слабо представлены у зеленых водорослей серусодержащие и циклические аминокислоты. В соотношении аминокислот у водорослей из разных районов отклонения невелики.

Из зеленых водорослей колебания в содержании белковых аминокислот более значительны у кладофоры (рис. 6). Самый высокий уровень сво-

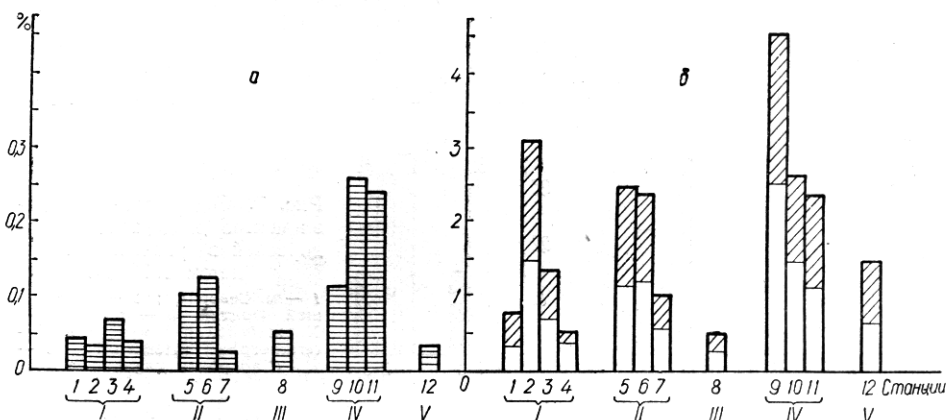


Рис. 6. Соотношение свободных и белковых аминокислот у водорослей (в % сырого вещества):

а — суммарное содержание свободных аминокислот; б — суммарное содержание белковых аминокислот. I — *Cladophora vagabunda*; II — *Enteromorpha intestinalis*; III — *Enteromorpha prolifera*; IV — *Porphyra leucosticta*; V — *Cystoseira barbata*. 1, 2, 6, 8 — м. Северный (Е); 3 — 5, 7, 9 — 11 — ст. 34; 12 — Григорьевский лиман. Условные обозначения, как на рис. 3.

бодных аминокислот отмечен у кладофоры на ст. 34, а белковых — на мысе Е. Весьма возможно, что это связано с разными гидродинамическими условиями станций, на которых собрана кладофора, а также периодом развития донных популяций. На мысе Е были взяты растения более молодые, находящиеся в периоде бурного роста, с которым, естественно, связана и повышенная активность биохимических процессов, в первую очередь биосинтез белка в растущих тканях. Отсутствие же колебаний в содержании белковых и свободных аминокислот у *E. intestinalis* или их незначительная амплитуда может объясняться исключительной экологической устойчивостью данного вида.

Среди белковых аминокислот у водорослей преобладали аргинин, лизин, глицин, аланин и особенно глутаминовая кислота. Содержание незаменимых аминокислот в белках зеленых водорослей колебалось от 39 до 55%. У красной водоросли порфиры нами обнаружено более высокое содержание свободных и белковых аминокислот, чем у зеленых. Уровень незаменимых у порфиры достигает 55%.

Микроэлементы водорослей Одесского залива мы начали изучать с 1973 г. Из литературы известно, что водоросли концентрируют многие элементы и могут служить источником обогащения металлами осадочных пород. Максимальное содержание в водорослях микроэлементов соответствует минимальному количеству макроионов [9]. Некоторые авторы отмечают отсутствие корреляции между содержанием микроэлементов и золы

[9]. Содержание в водорослях зольных элементов зависит от солености водоема [2]. Есть сведения о высоком содержании золы у зеленых водорослей, особенно рода *Enteromorpha*, по сравнению с красными [4, 9].

По нашим данным, содержание золы в сухом веществе составляет у разных видов энтероморфы (*E. intestinalis*, *E. prolifera* и *E. flexuosa*) соответственно 14—60, 18—26 и 23—60%; кладофоры 20—38% и ульвы 31% (одна проба). У красных водорослей золы значительно меньше: у *Ceramium* 18—20%, *Bangia* 25 и *Porphyra* 23—26%.

У одного и того же вида водорослей из разных районов обитания содержание золы неодинаково. У энтероморфы Григорьевского лимана най-

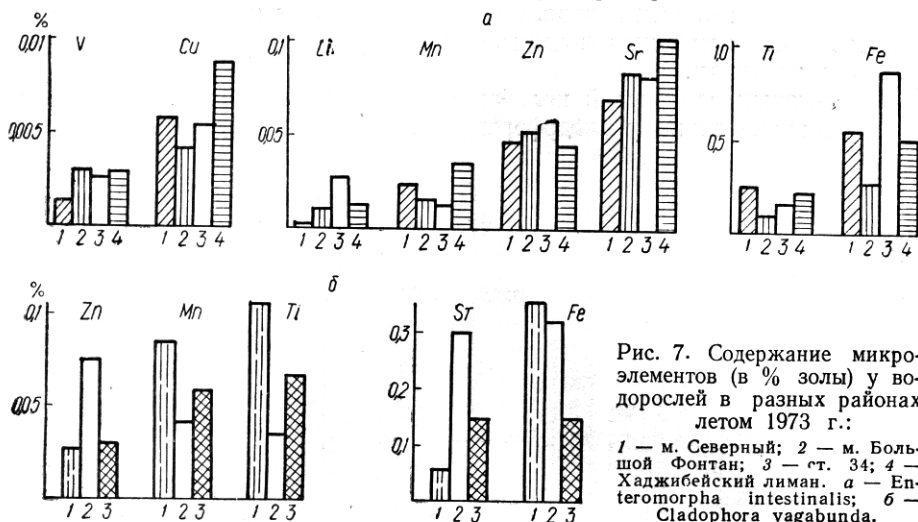


Рис. 7. Содержание микроэлементов (в % золы) у водорослей в разных районах летом 1973 г.: 1 — м. Северный; 2 — м. Большой Фонтан; 3 — ст. 34; 4 — Хаджибейский лиман. а — *Enteromorpha intestinalis*; б — *Cladophora vagabunda*.

дено наибольшее количество минеральных веществ (у *E. intestinalis* весной 1975 и 1976 гг. — 45,4 и 50% соответственно, у *E. flexuosa* — 60%), в то время как в Хаджибейском лимане количество золы у тех же видов было значительно ниже (25 и 23% соответственно).

Количественная характеристика содержания химических элементов в водорослях [9] не является определяющей в их таксономической принадлежности, так как ведущую роль здесь играют условия окружающей среды. Содержание микроэлементов в зеленых и красных водорослях из разных районов обитания изменяется в значительно больших пределах, чем это характерно для макроэлементов. По нашим данным, содержание в водорослях меди, марганца, титана, стронция изменяется в 5—7 раз, в меньшей степени изменяется содержание железа, алюминия, ванадия, свинца, никеля, цинка (до 2 раз), бария и стронция (до 4 раз).

Зеленая водоросль кладофора концентрирует в 4—6 раз больше марганца, чем энтероморфа, независимо от места и времени сбора. Содержание некоторых элементов у *E. intestinalis* из разных районов обитания показано на рис. 7. Эта водоросль из Хаджибейского лимана содержала большие количества ряда микроэлементов по сравнению с тем же видом из других районов. Кладофора разных районов также отличалась по составу микроэлементов.

Представители разных родов и отделов водорослей, собранных одновременно в одном районе, имеют неодинаковые концентрации микроэлементов (рис. 8). *E. intestinalis* содержит железо, алюминий, цинк, барий и титан в большем количестве, чем кладофора и цериум. Красные водоросли бангия, цериум и порфира содержат многие микроэлементы в значительном количестве.

Содержание микроэлементов у разных видов энтероморфы также различно (рис. 9). Из трех видов по содержанию многих элементов выделяется

E. flexuosa Хаджибейского лимана (июнь 1974 г.). Наиболее низкое содержание микроэлементов оказалось у *E. prolifera*.

Сезонные изменения содержания микроэлементов показаны на примере кладофоры, собранной в мае и августе 1973 г. в районе мыса Е. Большое содержание ряда элементов характерно для кладофоры в августе по сравнению с маем, хотя максимальная биомасса отмечается в мае — июне.

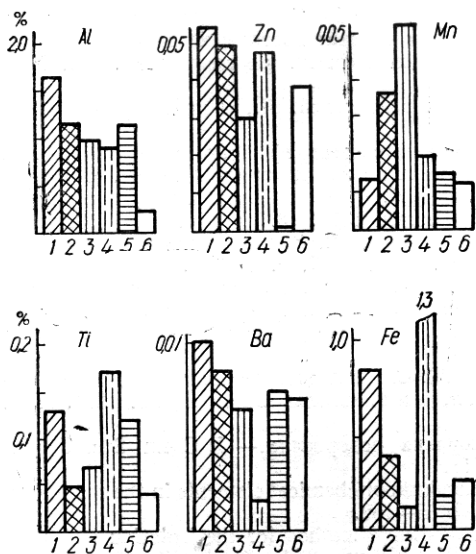


Рис. 8. Содержание микроэлементов (в % зола) у разных водорослей в июле 1973 г. (1—3) и в апреле 1974 г. (4—6):

1 — *Enteromorpha intestinalis*, 2 — *Ceramium elegans*, 3 — *Cladophora vagabunda*, 4 — *Bangia fuscopurpurea*; 5 — *Porphyra leucosticta*; 6 — *Ulva rigida*.

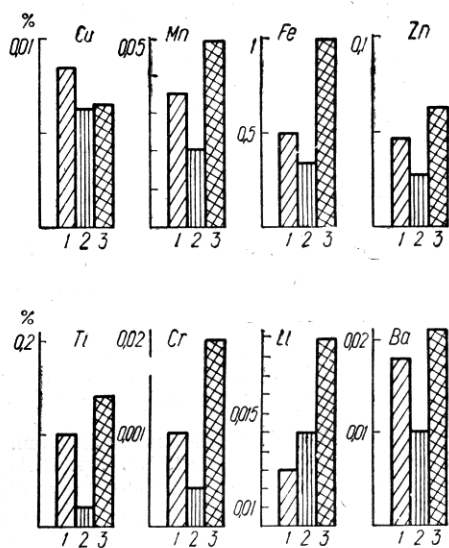


Рис. 9. Содержание микроэлементов (в % зола) у разных видов энтероморфы Хаджибейского лимана:

1 — *E. intestinalis*; 2 — *E. prolifera*, 3 — *E. flexuosa*.

Алюминий является в водорослях макроэлементом и содержится в золе в количестве более 1%. В литературе отмечается [8], что накопление алюминия красными водорослями намного превышает его содержание в бурых и особенно зеленых. По нашим данным, такой четкой закономерности не обнаружено. Можно лишь отметить несколько большее содержание алюминия у кладофоры по сравнению с энтероморфой. Из красных водорослей у церамииума количество алюминия было несколько выше, чем у зеленых, однако у бангии и порфиры оно отличалось незначительно.

ВЫВОДЫ

Среди изученных ракообразных идотей отличается значительным содержанием липидов, особенно структурных, стерина, аминокислот, в том числе незаменимых. По содержанию минеральных веществ идотея близка к сфероме и амфиподам и концентрирует ряд микроэлементов. По ряду химических показателей выделяются идотеи ст. 3, а по липидному составу — идотеи мыса Е.

Амфиподы (смесь видов) бедны липидами и стеринами. По аминокислотному составу амфиподы не уступают изоподам (идотее). Сумма минеральных веществ у амфипод и сфером выше, чем у идотей, по содержанию отдельных микроэлементов они близки.

Из зеленых водорослей кладофора выделяется содержанием стерина и белковых аминокислот, а также марганца. Энтероморфа богата липидами и свободными аминокислотами, несколько уступая кладофоре в содержании

белковых. По сумме минеральных веществ энтероморфа превосходит другие исследованные водоросли.

Из красных водорослей выделяется порфира по количеству стерина, свободных и белковых аминокислот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арешидзе И. В., Дудкин М. С., Козорез В. П. и др. Сравнительная характеристика состава и природы биополимеров водорослей и водных цветковых растений Черного моря, как основа их использования.— Тезисы Всесоюз. совещ. по альгологии, М., 1974, с. 78—80.
2. Барашков Г. К. Сравнительная биохимия водорослей. М., «Пищевая промышленность», 1972. 336 с.
3. Грезе И. И. Фауна амфипод Черного моря в зоогеографическом аспекте.— В кн.: Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях. К., 1966, с. 33—37.
4. Грыжанкова Л. Н., Саенко Г. Н., Карякин А. В. и др. Содержание некоторых металлов в водорослях Японского моря.— Океанология, 1973, 13, № 2, с. 259—263.
5. Медведева Е. И., Арешидзе И. В., Красильникова С. В. и др. Пути использования азотистых веществ филофоры.— Рыбное хоз-во, 1968, № 7, с. 57—59.
6. Паламарчук В. И., Вендт В. П., Трикаш И. О. и др. О химических и биохимических свойствах вещества с максимумом поглощения при 250 нм, выделенного из сливок.— В кн.: Химия, биохимия и технология производства витаминов и их применение в медицине и животноводстве. К., 1972, с. 14—16.
7. Чекой В. Н., Арешидзе И. В., Дудкин М. С. Исследование азотистых веществ зеленых водорослей Черного моря.— Науч. докл. высш. школы. Биол. науки, 1971, № 9, с. 75—77.
8. Фудзи М. Определение алюминия в морских водорослях.— J. Chem. Soc. Japan. Pure Chem. Sec., 1961, 82, N 11, p. 1510—1511.
9. Bojanowski R. The occurrence of major and minor chemical elements in the more common Baltic seaweed.— Oceanologia, 1973, N 2, p. 5—152.
10. Folch G., Lees M., Sloane-Stanley G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue.— J. Biol. Chem., 1957, 22, p. 497—509.
11. Gibbons G. S., Goad L. J., Goodwin T. W. The identification of 28-isofucosterol in the marine green algae *Enteromorpha intestinalis* and *Ulva lactuca*.— Phytochemistry, 1968, 7, N 6, p. 985—988.
12. Ikekawa Nobuo. Sterols composition in some green algae and brown algae.— Steroids, 1968, 12, N 1, p. 41—48.
13. Lisboa B. P. Thin layer chromatography of steroids, sterols and related compounds.— Methods in enzymology, 1969, 15, p. 3—158.
14. Moore P. R., Baumann C. A. Skin sterols I. Colorimetric determination of cholesterol and other sterols in skin.— J. Biol. Chem., 1952, 2, p. 615—621.
15. O'Connell J., Whitney. Absence of sterol biosynthesis in the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, and in the barnacle, *Balanus nubilus* Darwin.— J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 1970, 4, N3, p. 229—237.
16. Teshima Shin-ichi, Kanazawa Akio. Biosynthesis of sterols in the lobster, *Panulirus japonica*; the prawn, *Penaeus japonica*; and the crab, *Portunus triruberculatus*.— Comp. Biochem. Phys., 1971, 38, N 3, p. 597—602.
17. Tsuda K., Akagi S., Kishida Y. Discovery of cholesterol in some red algae.— Science, 1957, 126, N 3279, p. 927.
18. Van de Oord A. The absence of cholesterol synthesis in the crab *Cancer pagurus* L.— Comp. Biochem. Physiol., 1964, 13, p. 461—467.
19. Zandee D. J. Absence of cholesterol synthesis as contrasted with the presence of fatty acid synthesis in some Arthropods.— Comp. Biochem. Physiol., 1967, 20, p. 811—822.

Одесское отделение Института
биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редколлегию
16.IX 1976 г.

УДК 628.394+507.2 (260)

А. К. Виноградов, В. И. Белецкий, Л. А. Моргулис

ИОДО-БРОМНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ОХРАНА МОРСКОЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Охрана окружающей среды — важнейшая государственная задача, и изучение различных проявлений антропогенного воздействия на водные организмы имеет огромное практическое и теоретическое значение.