

## БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРСКОГО ПЛАНКТОНА

З.А. Виноградова

Знание химического состава морских организмов важно не только для точной оценки их пищевой и кормовой ценности, но и для выяснения роли этих организмов в биогенной миграции химических элементов и современном осадкообразовании. Оно имеет большое значение также для решения ряда сравнительно-биохимических и эволюционных проблем, а также для познания природы и источников органического вещества морской воды и внешних метаболитов в ней.

Между тем изучение биохимии морских организмов значительно уступает интенсивно ведущимся биологическим исследованиям, осуществляемым во всех морях и океанах.

Начиная с 1955 г., сотрудниками Института биологии южных морей проводится биохимическое изучение морского планктона преимущественно южных морей СССР — Черного, Азовского и Каспийского, но некоторые анализы выполнены также на примере планктона Экваториальной Атлантики и Антарктики.

Исследовались общий биохимический состав и калорийность, сезонная изменчивость пигментов, стерины-провитамины D и холестерин, индивидуальная вариабельность жиронакопления и химический элементарный состав планктона этих морей.

В настоящей статье приведены некоторые результаты исследований морского планктона, выполненных нами совместно с сотрудниками Отдела биохимии нашего института.

На основании изучения количественного содержания отдельных групп органических веществ /белков, жиров, углеводов/ в разные сезоны в период 1955–1962 гг. в планктоне Черного моря установлена сезонная и географическая изменчивость биохимического состава и калорийности планктона.

Так, весенний и осенний планктон отличается от летнего более высоким содержанием жира, белковых веществ и соответственно большей калорийностью. Планктон сходного видового состава, развивающийся в разных районах моря, собранный в одно и то же время года, обнаруживает значительные различия. Эти отличия связаны, по-видимому, со специфическими гидрохимическими и гидрологическими условиями, в частности с водными массами различного происхождения /морского, лиманного и речного/, обуславливающими в свою очередь пятнистое распределение отдельных планктонных группировок на данных локальных акваториях [3-6].

В летний период биохимический состав и калорийность тотального планктона разных районов южных морей СССР обнаруживает большее сходство [7]. Так, значение удельной калорийности планктона Черного, Каспийского и Азовского морей соответственно оказалось равным 4,5; 4,8 и 4,4.

Калорийность планктона центральных областей Черного моря и Среднего Каспия летом 1962 г. была значительно выше калорийности планктона мелководных прибрежных районов. В Азовском море, наоборот, в центральной части моря в летний период 1963-1965 гг. планктон отличался значительно меньшей калорийностью, чем в остальных его районах.

Компоненты зоопланктона в Каспийском и Черном морях обнаруживают сходные биохимические признаки, заключающиеся в том, что формы, обитающие на сравнительно больших глубинах, характеризуются очень высоким содержанием жира. Так, у *Limnocalanus grimaldii*, выловленного в Каспийском море в слое 300-200 м, содержание его достигало 32% /в пересчете на сухое вещество/, у *Calanus helgolandicus*, выловленного в Черном море в слое 200-150 м, оно оказалось еще выше и было равно 46,2% /в пересчете на сухое вещество/.

Калорийность зоопланктона южных морей СССР варьирует в пределах 400-470 ккал/100 г сухого вещества.

Сравнительный анализ зоопланктона экваториальной Атлантики /сборы экспедиции "Эквалант-1" /и Антарктики /районов Советского китобойного промысла в 1962 г./, состоявшего, главным образом, тоже из копепоид, показал, что общая калорийность как мелкого зоопланктона, так и относительно крупных каланид также выше 400 ккал/100 г сухого вещества, т.е. такого же порядка, как и калорийность зоопланктона южных морей СССР.

Следует, однако, отметить, что содержание свободного /"подвижного"/ жира, определенное визуальным методом под микроскопом у отдельных особей копепод-калянид как из Черного моря /*Calanus helgolandicus* /, так и из Экваториальной Атлантики /*Neocalanus gracilis*, *Neocalanus robustior*, *Euchaeta marina* / и Антарктики /*Rhincalanus gigas* и *Calanus simillimus* / индивидуально колеблется в широком диапазоне, обнаруживая чрезвычайно большую неоднородность в степени жирности.

Количественное определение жира общепринятым химическим методом /в аппарате Сокслета/ показало, что каляниды Экваториальной Атлантики по жирности значительно уступают калянидам Черного и Каспийского морей.

"Красный калянус" /т.е. сильно пигментированные каляниды/, собранный в районе Экватора, не обладал большей жирностью по сравнению с менее пигментированными калянидами, собранными как в тех же районах, так севернее и южнее Экватора.

Предварительное тотальное окрашивание красителями жиров суданом III прозрачных и **слабопигментированных** форм рачкового планктона позволило "проявлять" жир и определять особенности локализации липидов в теле рачков, обитающих на разных глубинах.

У Pontellidae - характерных форм гипонейстона - свободные жировые включения вовсе не обнаружены, а жироподобные соединения в виде, вероятно, липопротеидов, локализованы тонким сплошным слоем под хитиновой оболочкой тела, образуя как бы непромокаемую пленку, обеспечивающую возможность нахождения понтеллид на границе моря и атмосферы.

У *Calanus helgolandicus*, *Calanus simillimus*, *Rhincalanus gigas*, *Neocalanus robustior* и *Neocalanus gracilis* жировые включения представлены в основном в виде свободного жира, легко вытекающего при разрыве тела.

У каспийских форм *Limnocalanus grimaldii*, мелких Copepoda и Mysidae /в "натуре"/, анемичных и почти вовсе эпигментированных, после окраски суданом III обнаруживается жир и жироподобные вещества, расположенные **равномерно** по всему телу и несколько больше в области головогруды и под хитиновым панцирем вокруг тела.

Установлены сезонные колебания количества фотоактивных пигментов в черноморском планктоне; наблюдаются **два закономерные максиму-**

ма в содержании хлорофилла и каротиноидов - весенний /наиболее сильный/ и осенний.

В летнем планктоне содержание хлорофилла в 3-4 раза меньше, чем в весеннем. Содержание каротиноидов в весеннем и осеннем планктоне изменяется прямо пропорционально хлорофиллу, однако в летнем планктоне подобной прямой корреляции между ними не наблюдается.

Выяснены характерные для отдельных групп и видов планктона соотношения между основными фотоактивными пигментами; они очень сходны с подобными величинами, рассчитанными Парсонс, Стефенс и Стрикландом [17] для близких к черноморским видам морских планктонных водорослей, культивированных в искусственных средах, что подтверждает высказанное ранее [8-15] соображение о специфичности количественных соотношений между отдельными фотоактивными пигментами водорослей и показывает значительное постоянство соотношений каротиноиды /хлорофилл для близких видов, обитающих в различных условиях/.

Изучение стерина-провитаминов D и холестерина /колориметрическим методом Мура и Баумана [16] / в растительных и животных формах планктона, тотальном планктоне, а также в крупных донных беспозвоночных, питающихся планктоном, и планктоноядных рыбах, показало существенные различия в количественных соотношениях этих стерина в морских организмах.

Так, в сине-зеленых водорослях *Microcystis aeruginosa* и *Aphanizomenon flos-aquae* стерины холестеринавого ряда вовсе не обнаружены. В них присутствуют, главным образом, стерины-провитамины D.

В диатомовых водорослях стерины представлены как провитаминами D, так и стеринами холестеринавого ряда. Отношение холестерин / провитамины D в них часто менее единицы и не превышает 1-2.

Между тем у *Nosticula miliaris* /*Cystoflagellata*/ в отличие от других исследованных форм фитопланктона стерины холестеринавого ряда находятся в значительно больших количествах. Содержание их у *N. miliaris* в 7-9 раз выше, чем провитаминов D.

Таким образом, и по количественному содержанию стерина *N. miliaris* подобно другим компонентам ее химического состава [10] имеет большее сходство с формами зоопланктона, чем фитопланк-

тона. Этим снова подтверждается промежуточное положение, занимаемое ночесветкой между растительными и животными организмами.

В организмах зоопланктона /за некоторыми исключениями/ стеринны представлены преимущественно холестерином, количество которого от 5 до 48 раз /*L. grimaldii* из Каспийского моря/ превышает количество стерина-провитаминов D. Лишь у *Pontella mediterranea* количество провитаминов D не уступает количеству холестерина. Отношение холестерин /провитамины D/ у понтеллы в среднем равно 1. Как известно, в отличие от остальных планктонных *Copepoda* понтелла обитает исключительно в слое гипонейстона на границе гидросферы и атмосферы и, по-видимому, для нее характерны иные механизмы участия в обменных процессах этих групп биологически активных веществ.

Установление в морском планктоне значительного количества стерина-провитаминов D /как колориметрическим методом, так и методом тонкослойной хроматографии/ и холестерина открывает новые пути изучения механизма биосинтеза этих соединений и самих витаминов D, а также трансформации этих веществ в системе трофических связей в море.

Исходя из признания видовой специфичности биохимического состава в целом и химического элементарного состава морских организмов особенно и учитывая огромную роль планктонных организмов в биомиграции химических элементов в море, а также имея в виду почти полную неизученность этого вопроса, мы занялись изучением химического элементарного состава планктона южных морей. В этом аспекте нами уже были сформулированы некоторые конкретные вопросы, подлежащие изучению в первую очередь [12]. До последнего времени планктон Черного моря в этом направлении совсем не исследовался, а для Азовского и Каспийского морей имеются лишь сведения для фитопланктона [2]. Результаты этих исследований частично опубликованы [7, 9, 13-15].

Использование спектрального метода позволило проводить определение до 28 химических элементов в массовых видах фито- и зоопланктона.

На основании этих исследований выявлены групповые и селективные концентраторы ряда химических элементов. Рассчитаны количественные соотношения между важнейшими микроэлементами в морских организмах, находящихся на разных уровнях эволюционного развития.

Изучен биохимический состав гипонейстона Черного моря /в его северо-западной части/, как целого биоценоза планктонных организмов и дана химическая оценка этого биоценоза в сравнении с планктоном нижележащего слоя /3 м/.

Полученные данные по географической изменчивости биохимического состава планктона южных морей, как нами отмечалось ранее [5], дают основание считать возможным применить учение о биогеохимических провинциях, выдвинутое А.П. Виноградовым [1], в отношении морей и океанов.

Полагаем, что биохимический состав и соотношения между отдельными макро- и микроэлементами в организмах отражают в какой-то мере геохимическую среду. Синхронное изучение количественного содержания органических веществ и химических элементов в массовых формах и морской воде позволит вскрыть закономерности биогенной миграции химических элементов и соответствующих реакций планктонных организмов на изменения соотношений между макро- и микроэлементами в организмах и воде.

Эти изменения окажутся наиболее резкими в районах речных гидрологических фронтов в зонах смешения вод речного происхождения с морскими, поэтому изучение перечисленных выше вопросов в этих зонах представляет собой одну из актуальных задач биохимии моря.

#### Л и т е р а т у р а

1. Виноградов А.П. - ДАН СССР, 1938, 18, № 4-5.
2. Виноградов А.П. - Тр. биогеохим. лаборат., 1939, 5.
3. Виноградова З.А. - ДАН СССР, 1957, 116, № 4.
4. Виноградова З.А. - Учен. зап. Одес. биол. станции АН УССР, 1959, 1.
5. Виноградова З.А. - Учен. зап. Одес. биол. станции АН УССР, 1960, 2.
6. Виноградова З.А. - Учен. зап. Одес. биол. станции АН УССР, 1961, 3.
7. Виноградова З.А. - Океанология, 1964, 4, 2.
8. Виноградова З.А. - Материалы II научного совещания по биохимии и использованию витаминов. Изд-во АН УССР, К., 1962.
9. Виноградова З.А. - Экология и физиология сине-зеленых водорослей. Изд-во "Наука", М., 1965.
10. Виноградова З.А., Ковбасюк А.С., Кривошей Э.Е., Лисовская В.И.,

Мазуренко Е.А. - Учен. зап. Одес. биол. станции АН УССР, 1962, 4.

11. Виноградска З.А. - I Всес. биохим. съезд, 1964, П.
12. Виноградова З.А. - Гидробиологический журнал, 1965, 1, № 4.
13. Виноградова З.А., Ковальский В.В. - ДАН СССР, 1962, 147, № 6.
14. Виноградова З.А., Петкевич Т.А. - Тезисы докладов I Республ. конф. "Микроэлементы в медицине". Ивано-Франковск, 1965.
15. Виноградова З.А. - Тезисы докладов I Укр. биохим. съезда. Черновцы.
16. Moore P.R., Baumann C.A. - J. Biol. Chem., 1952, 195, 2.
17. Parsons T.R., Stephens K., Strikland J.D.H. - J. Fisheries Res. Bd. Canada, 1961, 18, 6.