

К. М. ХАЙЛОВ, Г. А. ФИНЕНКО, З. П. БУРЛАКОВА, В. А. СМЕРНОВ

**О СВЯЗИ СТАЦИОНАРНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОСНОВНЫХ ФОРМ
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В МОРСКОЙ ВОДЕ
И УДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ ИХ ТРОФИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ОРГАНИЗМАМИ ПРИБРЕЖНЫХ СООБЩЕСТВ**

(Представлено академиком С. С. Шварцем 8 II 1972)

Соотношение между суммой взвешенного органического вещества (в.о.в.) и растворенным органическим веществом (р.о.в.) в разных природных водах варьирует. Однако в среднем в слое 0–300 м оно равно 1:20 ⁽¹⁾. В составе в.о.в. биомасса организмов и гумифицированные остатки — детрит соотносятся примерно как 1:5 ⁽²⁾, а остальное представляет собой детрит разной степени разложения. В составе р.о.в. морской воды также имеются трофически ценные и гумифицированные органические соединения. Считается, что и взвешенный, и растворенный гумус имеют значительно меньшую трофическую ценность, чем биомасса ^(3, 4). В качестве первого приближения допустим, что трофически ценные и гумифицированные вещества соотносятся как 1:5, т. е. как и во взвеси. При этих условиях растворенный гумус, трофически ценные компоненты р.о.в., взвешенный гумус и трофически ценная живая биомасса соотносятся как 8,25:4,65:0,82:0,16. Приняв суммарную концентрацию органического вещества в прибрежных высокопродуктивных водах равной 26,0 мг · л⁻¹ ⁽⁵⁾, получим, что стационарные концентрации перечисленных форм органического вещества относятся примерно как 20:4:2:0,4 мг · л⁻¹. Хотя такая или примерно такая «пирамида масс» основных форм органического вещества считается, подобно «пирамиде биомасс», одной из фундаментальных характеристик морских экосистем, она, насколько нам известно, не находила причинного объяснения.

Между тем можно предположить, что стационарные концентрации основных форм органического вещества в водной массе могут отражать трофическое равновесие (синтез — потребление) в сообществах, ассоциирующих с данной водной массой. Целью нашей работы была проверка такого предположения, для чего стационарные концентрации двух основных форм р.о.в. — трофически ценного и гумуса — сопоставляются с удельными скоростями их использования на пластический обмен членами прибрежных сообществ — бактериями, макрофитами и беспозвоночными (перечислены в табл. 1). Включение р.о.в. в пластический обмен и, следовательно, рост тигриопусов и других беспозвоночных в разновозрастных популяциях были показаны ранее ^(6, 7). Для сопоставления скоростей использования р.о.в. с использованием на пластический обмен биомассы была рассчитана величина общего рациона тигриопуса (*Tigriopus brevicornis*).

Экспериментальная работа проводилась в августе 1970 г. на побережье Баренцева моря (Мурманский морской биологический институт АН СССР). В качестве приближенной модели трофически ценного р.о.в. был взят кислотный гидролизат водорослей, приготовленный из меченых по С¹⁴ макрофитов, типичных для баренцевоморского побережья. Препараты меченого растворимого гумуса были получены из талломов

макрофитов, разлагавшихся в морской воде около года. Выделенные на сефадексе Г-75, они имели молекулярный вес $\geq 50\,000$ и отвечали ряду основных свойств гуминовых кислот почвенного типа. Об использовании р.о.в. на пластический обмен организмов судили по величинам накопления органического вещества с меткой в составе биомассы организмов, как в работах (⁶, ⁷).

Таблица 1

Удельные скорости использования на пластический обмен ($\mu\text{г} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{сутки}^{-1}$) органического вещества из разных химических соединений и их смесей, растворенных в морской воде в концентрации $4 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$

Трофическая ценность р.о.в.	Химическая природа р.о.в., меченных по C^{14}	Морские бактерии <i>Lucotrix muscor</i> * WF 1501	Макрофиты <i>Polysiphonia lanosa</i>	Рачки <i>Tigriopus brevicornis</i>	Мидии <i>Mytilus edulis</i>
Ценные	Гидролизат белка водорослей	1,17	2,66	3,32	0,67
Малоценные (гумифицированные)	Полимер типа гуминовой кислоты, $M \geq 50000$	0,39	1,00	0,30	0,10 ⁶
	Смесь того же полимера с низкомолекулярными составляющими гумуса водорослей	0,19	0,05	0,06	0,04
	Средняя величина	0,29	0,52	0,18	0,07

* Чистая культура *Lucotrix muscor* WF 1501 была выделена из морской среды и любезно прислана нам доктором Дж. Сибурсом (J. Mc. N. Siburth), Нарагансеттская морская лаборатория, Род Айленд, США, которому авторы искренне признательны.

В табл. 1 приведены значения удельных скоростей использования на пластический обмен бактерий, макрофитов, тигрионусов и мидий растворенного гидролизата водорослей и гумуса. Несмотря на различия, обусловленные систематическим положением организмов, обнаруживается определенное сходство между ними: средняя удельная скорость накопления вещества из двух разных препаратов растворимого гумуса на порядок ниже скорости накопления трофически ценного гидролизата. Это отвечает сложившимся представлениям о гумусе, как сравнительно малоприспособленной, но тем не менее используемой форме пищи.

Удельные скорости использования на пластический обмен углерода из состава трофически ценного и гумифицированного р.о.в. можно сравнить с использованием на пластический обмен потребляемой биомассы. Общий рацион тигрионусов, рассчитанный по весу особей (⁹) для температуры 7° (в наших опытах), равен 11,7% от веса тела в сутки. Если принять, что на пластический обмен идет примерно 30% рациона, то получим, что использование биомассы на рост тигрионуса составляет $39 \mu\text{г} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{сутки}^{-1}$. Значения концентраций трех основных форм органического вещества (C) и удельных скоростей их трофического использования популяцией тигрионуса (V) позволяют рассчитать время обновления каждой формы вещества (C/V), а также их относительный возраст (табл. 2). При этом принято, что концентрация каждой формы вещества стационарна, т. е. скорости их притока и оттока из системы равны.

Из табл. 2 следует, что стационарные концентрации трех форм органического вещества обратно пропорциональны скоростям их использования популяцией тигрионуса. Поскольку другие группы морских организмов используют две формы р.о.в. примерно в тех же соотношениях, что и тигрионусы (табл. 1), вывод об обратной пропорциональности концентраций и скоростей справедлив и для них. С другой стороны, из работы (⁸) следует, что скорости поступления в воду р.о.в.-гумуса

и трофически ценных компонентов р.о.в. за счет жизнедеятельности и разложения макрофитов относятся как 0,055:0,65, т. е. также различаются на порядок. Биомасса же в любом биоценозе возобновляется со скоростью, превышающей скорость возобновления р.о.в. Это дает основание заключить, что «пирамида масс» основных форм органического вещества в пределах прибрежных сообществ определяется (наряду с другими возможными факторами) определенным соотношением скоростей их трофического использования.

Таблица 2

Пример расчета скорости обновления основных форм органического вещества в морской воде за счет его включения в пластический обмен тигриопусов (при плотности популяции 1 мг·л⁻¹)

Основные формы органического вещества	Концентрация вещества в воде (G), мг·л ⁻¹	Скорость использования вещества на пластический обмен (V), мг·мг ⁻¹ ·сутки ⁻¹	Время полного обновления вещества за счет использования его на пластический обмен (C/V), сутки	Относительный возраст вещества, годы
В.о.в. — ценное (биомасса)	0,4·10 ³	39 *	10	1
Р.о.в. — ценное	4·10 ³	3,32 **	1205	117
Р.о.в. — гумус	20·10 ³	0,67 ***	30000	2898

* Расчетная величина: 30% общего рациона (R), рассчитанного по формуле $R = 0,200 w^{0,777}$ при 20°, где R — рацион, w — сырой вес животных в граммах.

** Из табл. 1.

*** Из табл. 1 с пересчетом на концентрацию 20 мг·л⁻¹ с учетом снижения скорости утилизации с концентрацией субстрата (при 20 мг·л⁻¹ скорость равна 0,75 максимально возможной).

Из табл. 2 следует также, что относительный возраст трофически ценной взвеси и растворенного гумуса относятся как 1:~2900. Если принять, как это часто делается, что время оборота биомасс в фотическом слое в среднем равно одному году, то возраст растворенного гумуса оказывается равным 2900 годам. Это удовлетворительно совпадает с возрастом р.о.в.-гумуса, определенным другими исследователями на основании совершенно иных принципов и методов. Б. А. Скопинцев рассчитал, что время полного возобновления водного гумуса составляет примерно 1000 лет⁽¹⁰⁾. П. Вильямс и коллеги⁽¹¹⁾ по соотношению стабильных форм C¹² и C¹³ в составе р.о.в. воды определили, что среднее время обновления р.о.в. равно 3400 годам.

Институт биологии южных морей
Академии наук УССР
Севастополь

Поступило
7 II 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ P. M. Williams, Proceedings of Rudolfs Conference, Rutgers University, New Jersey, 1969.
- ² Д. Стрикленд, цит. по К. М. Хайлов, Т. С. Петипа и др., Океанология, № 3, 549 (1971).
- ³ Л. М. Сущеня, Гидробиол. журн., 4, 2 (1968).
- ⁴ Б. А. Скопинцев, Тр. Гос. океаногр. инст., 17, 29 (1950).
- ⁵ К. М. Хайлов, Экологический метаболизм в море, 1974.
- ⁶ К. М. Хайлов, В. Е. Ерохин, Океанология, 11, № 1, 117 (1974).
- ⁷ К. М. Хайлов, ДАН, 198, № 2 (1974).
- ⁸ К. М. Хайлов, Z. P. Burlakova, Limnology and Oceanography, 4, 521 (1969).
- ⁹ Л. М. Сущеня, Количественные закономерности метаболизма и трансформации вещества и энергии ракообразными, Автореф. докторской диссертации, М., 1969.
- ¹⁰ Б. А. Скопинцев, ДАН, 133, 677 (1960).
- ¹¹ P. M. Williams, H. Oeschger, P. Kinney, Nature, 224, 256 (1969).