

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК БССР

АВТОРСКИЙ ОТПИСК



34-Й ГОД ИЗДАНИЯ
Том XXXIV, № 2

1990

ЗООЛОГИЯ

УДК 574.36+574.523]:621.311.22

Л. Л. НАГОРСКАЯ, Т. В. МИХАЕВИЧ, Р. З. КОВАЛЕВСКАЯ

**БЛОК-СХЕМА УЧАСТИЯ СЕДИМЕНТАТОРОВ И МИКРОФАГОВ
В ТРАНСФОРМАЦИИ СИНЕ-ЗЕЛЕНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ
ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ**

(Представлено академиком АН БССР Л. М. Сущеней)

Длительное воздействие повышенной тепловой нагрузки на водоемы вызывает уменьшение числа видов в биоценозе, а также ведет к массовому развитию сине-зеленых водорослей, ухудшающих качество воды. Планктонные ракчи-фильтраторы как потенциальные потребители сине-зеленых водорослей используют их в пищу [1]. Утилизация последних происходит преимущественно по детритным пищевым цепям. Однако в литературе имеются сведения о потреблении сине-зеленых водорослей и бактериально-водорослевого мата термофильными остракодами горячих источников [2, 3] и рисовых чеков [4, 5], а также термофильными моллюсками [6]. Сестон активно седimentируют мшанки [7]. В настоящее время в связи с возрастанием числа водоемов, испытывающих тепловую нагрузку, особенно актуальным является выявление роли всех потенциальных потребителей, способствующих переведению органического вещества сине-зеленых водорослей в детритные пищевые цепи. Целью настоящей работы была количественная оценка трансформации органического вещества сестона водоема-охладителя в цепи сине-зеленые водоросли — седimentаторы — микрофаги.

Исследования выполнены в 1984—1986 гг. на водоеме-охладителе Березовской ГРЭС (Брестская обл., БССР). Специфичность системы данного водоема складывается из таких факторов, как тепловое загрязнение, высокая скорость оборота воды озера (5—6 сут), постоянное поступление биогенов с отходами садковых линий рыбхоза, расположенного на сбросных каналах. Все это приводит к высокой величине первичной продукции, вызывающей в летнее время «цветение» водоема. В биоценозе системы сбросных каналов, температура в которых летом поднимается до 34—36 °С, широко представлены популяции мшанки *Plumatella fungosa* (Pallas, 1768), термофильной остракоды *Stenocurvis major* Baird, 1859 и моллюска *Physella integra* (Haldeman, 1841), потребляющие органическое вещество, образованное сине-зелеными водорослями (таблица). Количественные пробы для определения плотности популяции (N) и биомассы (B) брали с помощью биоценометров. Скорость фотосинтеза и деструкции фитопланктона определена скляночным методом в кислородной модификации. Во избежание ошибок, возникающих при суточной экспозиции склянок в условиях сильно эвтрофированного водоема, склянки экспонировали 2—3 ч на глубине «оптимального» фотосинтеза при прозрачности воды 0,1—0,4 м. Суммарную первичную продукцию рассчитывали исходя из ее часовой скорости и продолжительности дня по полученному нами для данного водоема уравнению: $A_m^2 = 0,43 \cdot A_{max} \cdot l$, где A_m^2 и A_{max} — суммарная скорость фотосинтеза ($\text{г О}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$) под единицей поверхности и на глубине оптимального фотосинтеза соответственно; l — глубина, до которой идет

Структурно-функциональные показатели исследованных популяций при 30 °C

Вид	N , экз. $\cdot m^{-2}$	B , г. $\cdot m^{-2}$	c , Дж. $\cdot mg^{-1}$ сух.	\hat{W}/W , %	P/B , сут $^{-1}$	A/B , сут $^{-1}$
Plumatella fungosa	$3,25 \cdot 10^6$	$5,4 \cdot 10^3$	14,6*)	10	0,10	0,38
Stenocyparis major	$7 \cdot 10^4$	5,8	11,3	28	0,06	0,27
Physella integra	$5 \cdot 10^3$	7,4	5,6	28	0,12	0,23

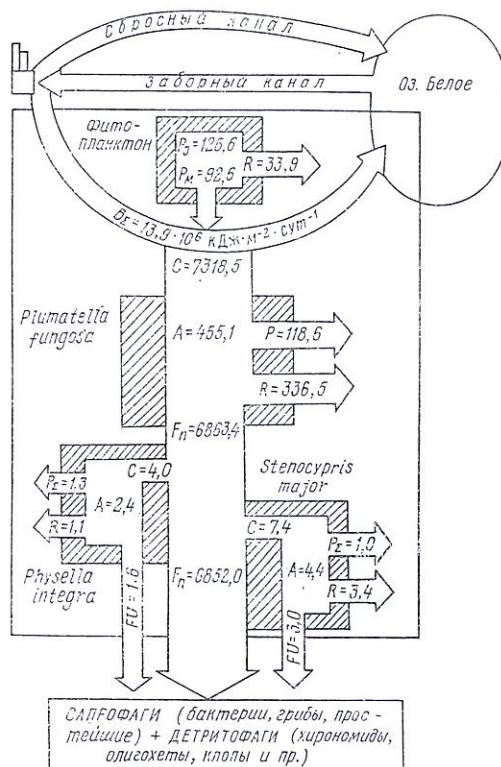
* Удельная энергоемкость живых полипов, составляющих 15% от сырой биомассы колонии мшанок.

фотосинтез (равна утроенной прозрачности воды). Сухую массу сестоны определяли гравиметрически с применением «ядерных» фильтров (размер пор 1,1—1,5 мкм).

Скорость газообмена животных измеряли методом замкнутых сосудов с последующим определением кислорода по Винклеру. Траты энергии на дыхание (R) рассчитывали по скорости потребления кислорода (1 мл О₂/20,34 Дж). Удельная энергоемкость (c) определена методом бихроматного окисления в модификации А. П. Остапени [8]. Продукция (P_{Σ}) популяций моллюсков и остракод дана как сумма соматической и генеративной продукции. Все необходимые для расчетов параметры определяли в соответствии с общепринятыми в гидробиологии методами [8].

На основании полученных данных сопоставлены потоки энергии (A) через популяции в выделенном нами блоке (рисунок) при соответствующих значениях структурно-функциональных характеристик и плотности (таблица) в середине лета (первая декада июля, $T=30$ °C). В результате подогрева и высокого уровня биогенных веществ скорость продукции органического вещества в системе водоема-охладителя высока. Содержание хлорофилла и концентрация сестона соответствуют таковым в высокоэвтрофных водоемах. В летний период для каждого из двух сбросных каналов характерен водоток $1,3 \cdot 10^6$ м³.сут⁻¹. При среднем значении ширины и глубины канала соответственно 30 и 2 м через 1 м² его сечения проходит $2,16 \cdot 10^4$ м³.сут⁻¹. Водный поток содержит 35 мг.л⁻¹ сухого вещества взвеси, что эквивалентно 644,35 кДж.м⁻³. Таким обра-

диаграмма трансформации органического вещества в блоке: сине-зеленые водоросли (кДж.м⁻³.сут⁻¹) — мшанки — моллюски — остракоды (кДж.м⁻².сут⁻¹): B_{Σ} — суммарное количество энергии сестона, проходящего в канале; P_g — валовая продукция; P_n — чистая продукция фитопланктона; $P_{\Sigma} = P_s + P_g$ — суммарная продукция (P_s — соматическая, P_g — генеративная); R — траты энергии на дыхание; A — ассимилированная энергия; C — рацион; F_n — фекальные пеллеты; F_U — неусвоенная пища



зом, суммарная биомасса сестона (B_{Σ}), проходящего через единицу сечения канала, равна $13,92 \cdot 10^6$ кДж·м⁻²·сут⁻¹.

Фитопланктон составляет 46,3% от сухой массы сестона. Первичная продукция фитопланктона образуется в основном сине-зелеными водорослями, среди которых выше 90% составляют *Anabaenopsis raciborskii* и *Aphanisotepoi flos-aquae*. Колонии мшанок, развивающиеся на субстратах, потребляют сине-зеленые водоросли, проходящие с водной массой по сбросным каналам. Зоиды отфильтровывают взвесь, формируя фекальные пеллеты (F_n), которые выбрасывают наружу. Пеллеты постепенно оседают на дно, где используются в рационах микрофагов-моллюсков *Ph. integrum* и остракод *S. major*. Основная масса фекальных пеллет разлагается сапрофагами, а также потребляется детритофагами (рисунок).

Исходя из величин валовой продукции и деструкции, очевидно, что чистая продукция фитопланктона, создаваемая в единице объема, проходящей через м² сечения канала, составляет 92,65 кДж·м⁻³·сут⁻¹ (рисунок). P/B фитопланктона равен при этом 0,14 сут⁻¹.

Скорость образования мшанками фекальных пеллет при соответствующей биомассе (таблица), температуре 30 °C и вышеуказанном содержании сестона составила 380,6 г сухого вещества или 6863,4 кДж·м⁻²·сут⁻¹. Это означает, что мшанки, находящиеся на 1 м² субстрата, осаждают вещество, эквивалентное первичной продукции фитопланктона, образованной в объеме 80 м³ «котла» озера, откуда идет забор воды на турбины станции.

Расчет потока энергии через популяцию мшанок показал высокие величины его абсолютного значения (рисунок), а также интенсивности ассимиляции (A/B) (таблица). При этом неожиданно низкой оказалась величина усвоемости ($U^{-1} = A/C = 6,2\%$), а также коэффициент экологической эффективности ($K_1 = 1,6\%$). Такие необычные, ни для каких других видов гидробионтов не характерные величины позволяют предположить, что при высокой температуре мшанки с большой скоростью пропускают взвесь через пищеварительную систему и выбрасывают оформленные пеллеты без достаточной степени утилизации пищи. Таким образом, основная роль мшанок заключается в переводе сестона в осажденное состояние и поставке органического вещества в донные биоценозы.

Обе исследованные популяции микрофагов характеризуются высокими абсолютными показателями потока энергии и продукции (рисунок), которые в несколько раз превышают аналогичные показатели для гидробионтов из более холодных водоемов [9–11]. Так, например, поток энергии через популяцию остракод близок к суммарному потоку энергии через все сообщество макробентоса или даже превышает его при сравнении с водоемами более низкой трофности [12, 13]. Интенсивность ассимиляции исследованных популяций микрофагов близка к таковой у групп озерных фильтраторов [14]. Представляя собой важную популяционную характеристику, величины интенсивности потока энергии, равно как и P/B коэффициенты (таблица), свидетельствуют о высокой скорости трансформации органического вещества в популяциях гидробионтов — обитателей сбросных каналов водоема-охладителя. Поток энергии через исследованные популяции микрофагов составляет 7,3% от чистой продукции фитопланктона (рисунок), что представляет собой очень высокую долю использования энергии, продуцируемой аутотрофами. При условии, что рацион микрофагов будет целиком состоять из осажденных пеллет и при 60%-ном их усвоении очевидно, что микрофаги способны потребить всего 0,1–0,2% энергии органического вещества пеллет, образованных мшанками. Учитывая, что пищевой спектр микрофагов более широк, не будет большой ошибкой утверждать, что практически все энергоемкое вещество взвеси, осажденное мшанками из водного потока, поступает в рационы сапро- и детритофагов. Популяция

мшанок играет в рассмотренном блоке наиболее существенную роль, представляя в донные биоценозы вещество сестона для его перевода в дестабильные пищевые цепи.

Summary

The prime function of *Plumatella fungosa* (Pallas, 1768) (Bryozoa) in the block-diagram studied is to convert organic matter of seston to detritus food chains. Energy flow through the microphage populations *Stenocypris major* Baird, 1859 (Crustacea, Ostracoda) and *Physella integra* (Haldeman, 1841) (Mollusca, Pulmonata) amounts to 7.3% of the net phytoplankton production and is several times higher than the same values for hydrobionts from unheated reservoirs.

Литература

1. Fulton Rolland S. // J. Planct Res. 1988. Vol. 10, N 4. P. 771—778.
2. Хмелева Н. Н. // Весн АН БССР. Сер. біял. наука 1980. № 5. С. 102—104.
3. Wickstrom C. E., Castenholz R. W. // Science. 1973. N 181. 4. Grant E. A., Egan & Alexander M. // Hydrobiologia. 1983. Vol. 106. P. 199—208. 5. Wilson J. T., Green S. & Alexander M. // Soil. Biol. Biochem. 1980. N 12. P. 199—208. 6. Хмелева Н. Н., Голубев А. П., Лаенко Т. М. // Журн. общ. биол. 1985. Т. 46, № 12. С. 230—240. 7. Михаевич Т. В. // Весн АН БССР. Сер. біял. наука. 1988. № 1. С. 112—114. 8. Методы определения продукции водных животных / Под ред. Г. Г. Винберга. Минск, 1968. 9. Алимов А. Ф. // Моллюски. Результаты и перспективы их исследования: Тез. докл. 8-го Всесоюз. совещ. по изучению моллюсков. Л., 1987. С. 406—407. 10. Lim R. P., Wong M. C. // Arch. Hydrobiol. 1986. Vol. 106, N 3. 1987. С. 406—407. 11. Аракелова Е. С. // Экол. энергет. животных: Тез. докл. Всесоюз. совещ. Сузdalь, 31 окт.—3 нояб. 1988. Пущино. 1988. С. 15—16. 12. Vinberg G. G. // Pol. Arch. Hydrobiol. 1970. Vol. 17 (13), N 1/2. P. 11—19. 13. Иванова М. Б. Поступило 11.07.89
- Институт зоологии АН БССР