

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

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

38

1991

9. Gorham W. T. The energetic and nutritial contribution of glucose and glycine taken up from natural sea water by adult marine mussels // *Mar. Ecol.* — 1988. — N 1. — P. 1—14.
10. Mauro N. A., Moore G. W. Effects of environmental pH on ammonia excretion, blood pH, and oxygen uptake in fresh water crustaceans // *Comp. Biochem. and Physiol.* — 1987. — C87, N 1. — P. 1—3.
11. Rice M. A., Stephens G. C. Influx and transepithelial flux of amino acids in the mussel, *Mytilus edulis* // *J. Exp. Biol.* — 1988. — 135. — P. 275—287.
12. Stephens G. C. Epidermal amino acid transport in marine invertebrates // *Biochim. et biophys. acta.* — 1988. — 17, N 1. — P. 113—133.
13. Taylor A. C., Spicer J. I., Preston T. The relationship between osmoregulation and nitrogen metabolism in the intertidal prawn, *Palaemon elegans* (Rathke) // *Comp. Biochem. and Physiol.* — 1987. — A88, N 2. — P. 291—298.
14. Wright S. H. A nutritional role for amino acid transport in filter-feeding marine invertebrates // *Amer. Zool.* — 1982. — 22, N 3. — P. 621—634.
15. Wright S. H., Secomb Timothy W. Epithelial amino acid transport in marine mussels: role in net exchange of taurine between gills and sea water // *J. Exp. Biol.* — 1986. — 121. — P. 251—270.

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

Получено 08.12.89

V. A. TAMOZHNYAYA, L. M. MALTSEVA

METABOLISM OF OVERGROWING COMMUNITY. COMMUNICATION III. DYNAMICS OF CARBOHYDRATES AND NITROUS PRODUCTS OF METABOLISM IN THE ENVIRONMENT WITH DIFFERENT-AGE COMMUNITY

Summary

In the environment with different-age community of overgrowth the rate of excretion of carbohydrates and ammonium 2-3 orders exceeds the excretion of ninhydrin-positive substances (NPS) which composes 0,002—2,953 ng/l.h.g. of raw mass. Nitrous products of metabolism are mainly excreted by the community with the exception of the stage of microcenosis development and transition periods in succession. Dynamics of carbohydrates in the environment with a community reflects more frequent periodicity (1,5-2 months) of the excretion and absorption processes. As to the intensity of metabolitic exchange with the environment one can distinguish the community with the domination of the population of hydroid *Obelia loveni*, then the mussels *Mytilus galloprovincialis* and *Botryllus Botryllus schlosseri*. Processes of oxygen consumption by the community correlate with the excretion level of nitrous products of metabolism and pH, under hypoxia the extent of correlation dependence grows to 0,59—0,66 at $P \leq 0,01$. No direct dependence were found between the community biomass and the level of its external metabolism.

УДК 594.124:639.3(262.5)

В. И. ХОЛОДОВ, В. Н. ИВАНОВ, М. И. СЕНИЧЕВА

ОЦЕНКА МОЩНОСТИ И РАЗМЕРОВ МИДИЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О ТРОФИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ РАЙОНА

Исследования, проведенные на экспериментальном мидийном хозяйстве, показали, что темпы линейного роста мидий в зависимости от сезона и обеспеченности кормом варьируют в пределах от 0 до 0,40 мм·сут⁻¹. Анализируется сезонная динамика корма, определены элементы энергобаланса поселений мидий на коллекторах, на основе чего рассчитаны плотность размещения коллекторов и размеры марихозяйств.

Известные нам попытки расчета плотности размещения носителей для выращивания моллюсков-фильтраторов основаны на данных, полученных в лабораторных условиях, либо рассчитаны по другим физиологическим характеристикам и соответствующим математическим зависимостям [1, 3, 6]. Однако организация мидийных хозяйств промышленного типа, надежный прогноз их влияния на среду должны быть

© В. И. Холодов, В. Н. Иванов, М. И. Сеничева, 1991

научно обоснованы исследованиями, проведенными на экспериментальных хозяйствах небольшой мощности [4]. Результаты комплексных исследований экологии района и биологии культивируемых мидий изложены нами в монографии [2]. В данной статье приведена только информация, необходимая для оценки возможной мощности мидиевой фермы.

Материал и методика. Исследования проводили на базе экспериментального мидийного хозяйства Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского АН УССР, расположенном в 30 км юго-восточнее г. Севастополь. В связи с отсутствием в Черном море бухт, пригодных для марикультуры, а также приливно-отливных явлений, следует рассчитывать на использование штормоустойчивых мидиевых хозяйств в открытой зоне моря, где преобладает основное черноморское течение. Марихозяйство состоит из шестидесяти 50-метровых линейных носителей, установленных в 300—500 м от берега. На каждом носителе закреплено 125 коллекторов длиной по 8 м, изготовленных из капронового фала, в который вплетены пенопластовые вставки. Носители установлены на акватории глубиной 14—20 м.

Регулярные комплексные исследования на экспериментальном хозяйстве проводятся с 1983 г. [2]. Выращивается мидия *Mytilus galloprovincialis*.

Результаты. Нерест выращиваемых и живущих на естественных субстратах мидий, а также интенсивность оседания личинок зависит от температуры воды, которая изменяется по сезонам и при сгонно-нагонных процессах. Нерест непрерывен в течение года, но четко выделяются два пика: весенний, или основной (февраль — март), и осенний (октябрь — ноябрь). В зависимости от климатических особенностей года пики нереста смещаются во времени. Разница между пиком концентрации личинок на стадии великонхи и пиком нереста составляет 1,5 мес. Плотность осевшей молоди митилид может достигать в мае 8 тыс. экземпляров на погонный метр коллектора.

Рост молоди отличается значительной неравномерностью, что отражается на размерной структуре поселений. В летний период средний темп линейного роста 50% численности неполовозрелых особей находится в пределах $0,33—0,40 \text{ мм} \cdot \text{сут}^{-1}$. Однако 45% численности растут медленнее — $0,17—0,24 \text{ мм} \cdot \text{сут}^{-1}$. Осенью рост замедляется и в январе составляет $0,02—0,04 \text{ мм} \cdot \text{сут}^{-1}$. Медленный рост обусловлен низкими значениями температуры и концентрации корма [21]. Неравномерный рост моллюсков, вторичное оседание спата, частичный опад мидий во время штормов определяют динамику размерной структуры поселений моллюсков на коллекторах. В свою очередь, размерная структура и плотность поселений определяют мощность потоков вещества и энергии между марихозяйством и средой, что учитывается в расчетах проектируемых марихозяйств.

Рост и дефинитивные размеры мидий зависят от целого ряда факторов: генотипа (лучше растут особи с черно-фиолетовой окраской створок), температуры воды (оптимальная температура $15—18^\circ\text{C}$), плотности поселений мидий и их положения в друзе.

В районе Крыма важнейшим фактором, лимитирующим рост мидий и развитие их марикультуры, является недостаток корма, поэтому исследованию кормовой базы придается большое значение [2]. Пищевой спектр выращиваемых в хозяйстве мидий очень широк и включает многие виды одноклеточных водорослей, детрит, личинки копепод и кладоцер, пыльцу сосны, бактерии и т. д. [2, 5].

Видовой состав водорослей содержимого желудков близок по составу к планктону, но в питании мидий отмечена избирательность, определяемая размерами потребляемых частиц. Во время массового весеннего развития крупных одиночных и колониальных диатомовых водорослей (особенно видов рода *Chaetoceros*), недоступных из-за своих размеров для моллюсков-фильтраторов, интенсивность питания мидий

снижается. В этот период в их желудках обнаружены перидиниевые, кокколитофориды и мелкие пеннатные формы диатомовых водорослей с объемом клеток от 4 до 65000 мкм³, не превышающие в планктоне 2—10% суммарной численности. Интенсивность потребления водорослей мидиями разного размера возрастает в поздневесенний период, совпадающий с максимальной вегетацией нанопланктона. В зимнее время большая часть пищевых комков состоит из темной детритной массы, а из водорослей встречаются в основном мелкие пеннатные формы диатомовых.

На акватории марихозияства обнаружено 149 видов водорослей, относящихся к 67 родам, 5 отделам. Среди них перидиниевых — 65 видов, диатомовых — 66, золотистых — 13, зеленых — 3, сине-зеленых — 2, прочих — 2 таксона. Наибольшее видовое разнообразие отмечено летом (58 видов) и осенью (72 вида), наименьшее — зимой (12 видов).

Максимальное развитие фитопланктона происходит весной (в марте — апреле) благодаря массовой вегетации диатомовых водорослей *Pseudonitzschia delicatissima*, *Skeletonema costatum*, *Rhizosolenia alata*, *Rh. fragilissima*, *Cerataulina bergonii*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. affinis* с объемом клеток от 220 до 65000 мкм³. В разные годы (1987—1989) в зависимости от температуры воды и концентрации биогенных солей численность фитопланктона в слое 0—25 м достигала 0,3—5 млрд кл. × м⁻³, сырая биомасса 180—1180 мг. м⁻³. С апреля в планктоне увеличивается количество перидиниевых (в основном *Peridinium triquetrum*) с объемом клеток 4500—5600 мкм³, кокколитофорид (*Coccolithus huxleyi*) — 270 мкм³ и жгутиковых водорослей с объемом клеток от 4—65 до 45000 мкм³, составляющих иногда до 50% суммарной биомассы.

Летом по мере прогревания воды и формирования сезонного термоклина численность фитопланктона снижается до 52—25 млн кл. м⁻³, биомасса — 134—45 мг. м⁻³. Преобладают перидиниевые *Euxyiaella cordata*, *Peridinium trochoideum*, мелкие виды родов *Gymnodinium*, *Glenodinium*, *Gyrodinium* с объемами клеток до 5500 мкм³. В годы с длительными и интенсивными сгонно-нагонными явлениями, вызывающими подъем к поверхности холодных глубинных вод с температурой 7—8 °С, наблюдаются летние вспышки развития диатомовых водорослей *R. alata*, *Chaetoceros affinis*, *C. compressus*. В такие периоды численность фитопланктона возрастает до 164 млн кл. м⁻³, биомасса — до 420 мг. м⁻³.

В осенний период преобладают диатомовые *Bacteriastrum hyalinum*, *B. delicatulum*, а также *Coccolithus huxleyi* и мелкие жгутиковые водоросли. Численность фитопланктона колеблется от 48 до 300 млн кл. м⁻³, биомасса — от 58 до 245 мг. м⁻³. Зимой эти величины иногда снижались соответственно до 2 млн кл. м⁻³ и 15 мг. м⁻³. Для этого периода характерны *C. huxleyi* и диатомовые *Nitzschia tenuirostris*, *Cerataulina bergonii*.

Пища усваивается мидиями только частично, в основном это клетки объемом до 500 мкм³, беспанцирные перидинии и клетки с хрупкими створками объемом до 2000 мкм³. Так, зимой и ранней весной в желудках обнаружено до 240 пустых створок *Euxyiaella compressa* и *Dinophysis sacculus*, а поздней осенью 25 тыс. створок *Prorocentrum micans* и *Ex. compressa*, в то время как в планктоне встречались только живые клетки этих водорослей и в очень небольшом количестве. Значительная часть водорослей проходила пищеварительный тракт неповрежденной. Это главным образом разных размеров пеннатные формы диатомовых, цисты перидиниевых и зеленые водоросли. Они продолжали люминесцировать, а помещенные в питательную среду, приступали к делению. Органические вещества фитопланктона составляют от 1 до 80% всего взвешенного органического вещества [2]. По-видимому, питание за счет детрита является основным на протяжении большей части года, однако исследование этого вопроса не завершено.

Количественные оценки связей марихозияства со средой получены нами при изучении энергетического баланса между поселениями мидий

**Энергетический баланс мидий одного коллектора длиной 8 м,
установленного на экспериментальном марихозяйстве**

Время пребывания коллекторов в воде, мес	Доминирующая размерная группа, мм	Численность мидий, экз.	Общая сырая биомасса, г	Фильтрация воды, л/сут						
					Дыхание	Соматический рост	Генеративный рост	Рацион	Ассимиляция	Фекалии
					ккал/сут					
2	0—5	3275	233	6915	472	393	0	1152	864	288
6	21—30	2755	5903	16944	3427	1111	4468	12100	9070	3030
11	31—40	2700	14494	22135	4762	1716	3608	13448	10086	3362
17	41—50	2453	19423	29210	4831	6402	7044	24370	18278	6093

и протекающей водной массой. В таблице представлены элементы энергетического баланса одного коллектора в процессе выращивания мидий. Продолжительность нахождения коллектора в воде определялась с момента постановки в море во время пика весеннего оседания спата. Элементы баланса выражены как потоки энергии в единицу времени (ккал·сут⁻¹). Данные не являются усредненными за год, а определены в конкретные сроки (03.06.85 г.; 08.10.85 г.; 01.03.86 г.; 10.09.86 г.). Следует отметить, что экспериментально определяемый рацион превосходит на 12—25% сумму всех измеренных энергетических трат и потерь [2]. В таблице приведены скорректированные значения рациона, равные сумме энергозатрат. Эти данные, а также сведения о потенциальной продукции акватории используются далее для расчета плотности размещения коллекторов.

Под потенциальной продукцией акватории понимается расчетная масса мидий, которая могла бы образовываться при потреблении корма, поступающего в акваторию в единицу времени, в частности в течение года. Расчет потенциальной продукции выполняется на основе оценки потока взвешенного органического вещества, а также определения возможности и эффективности его использования моллюсками. Мидии могут обеспечить свои потребности в корме, если его концентрация в воде превышает некоторый предел. По нашим исследованиям, значение нижнего порога концентрации корма в зависимости от сезона и размеров животного находится в пределах 16,9—355 мг·м⁻³ (сухая масса), или 0,1—2,0 ккал·м⁻³ [2]. Однако в подавляющем большинстве случаев эта величина составляет 100—170 мг·м⁻³. Поэтому в дальнейших расчетах взято верхнее значение из этого интервала (170 мг·м⁻³, или 0,95 ккал·м⁻³). Данная величина подтверждается расчетом минимальной концентрации корма, равной 149 мг·м⁻³, позволяющей удовлетворить пищевые потребности поселения мидий, достигших коммерческого размера [2]. Таким образом, акватории, в которых концентрации корма ниже 170 мг·м⁻³, не пригодны для организации мидиевых хозяйств.

Поток взвешенного органического вещества (корма) через акваторию рассчитывается как произведение потока воды на среднюю концентрацию корма. Первичное продуцирование органического вещества на площади хозяйства, а также его потребление конкурентами нами не учитывается ввиду сравнительно небольших размеров хозяйства ($L \leq 1-5$ км) и высокой плотности размещения моллюсков в подвесной культуре, где они являются основными потребителями взвеси. Эффективность использования корма для роста мидий в хозяйстве зависит от их возраста или размерной структуры поселения, сезона и варьирует в пределах $K = 0,25-0,60$. Данный коэффициент рассчитан по сухой массе прироста мягких тканей и потребленного корма.

Суммарную годовую потенциальную продукцию ($A_{\text{год}}$) вычисляем по формуле

$$A_{\text{год}} = \sum P_i \cdot k_i, \quad i = 1, \dots, 12,$$

где P_i — поток корма через данное сечение за месяц; k_i — эффективность использования корма для роста выращиваемых мидий; i — порядковый номер месяца, начиная с момента исследований. Определено, что годовая потенциальная продукция в районе экспериментального хозяйства достигает 3 т мидий, выращиваемых в струе течения сечением 1 м^2 . Разумеется, данное значение является абстрактным, а не реальным. Оно получено при допущении, что весь поступающий корм в концентрации, превышающей $170 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, будет потреблен мидиями.

Однако данная абстрактная величина необходима для оценки пригодности акватории и для расчетов размеров марихозяйства. Для решения второй задачи предлагается следующая методика. Убыль концентрации корма из единичного объема воды по мере прохождения его через плантацию описывается уравнением

$$\frac{dC}{dt} = -C \cdot \frac{R_{об}}{C_0}, \quad (1)$$

где C — концентрация корма, $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$; C_0 — начальная концентрация корма, $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$; t — время, ч; $R_{об}$ — объемная скорость потребления корма, численно равная количеству корма, потребленного мидиями в течение часа в 1 м^3 хозяйства, $\text{г} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{ч}^{-1}$. Решение уравнения имеет вид

$$C_t = C_0 \cdot e^{-\frac{R_{об}}{C_0} t}. \quad (2)$$

Подставив в (2) вместо t его значение $t = \frac{L}{v}$ (L — длина хозяйства вдоль течения, м; v — скорость течения, $\text{м} \cdot \text{ч}^{-1}$), получим

$$C_t = C_0 \cdot e^{-\frac{L}{v \cdot C_0} R_{об}}. \quad (3)$$

Из данного уравнения, учитывая, что $C_t \geq 170 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, рассчитываются основные характеристики (L , $R_{об}$), исходя из местных экологических условий (v , C_0). Либо, наоборот, задаваясь конструктивными особенностями носителей, определяются требуемые экологические показатели района.

Вычислив значение объемной скорости $R_{об} = \frac{n \cdot R_h}{L \cdot M \cdot H}$ и подставив его в (3), можно определить допустимое количество коллекторов, выставляемых вдоль течения (здесь n — количество коллекторов, R_h — скорость потребления корма моллюсками одного коллектора, $\text{г} \cdot \text{ч}^{-1}$; M — длина носителя, выставляемого поперек течения, м; H — длина коллектора, м):

$$n = \frac{M \cdot H \cdot v (\ln C_0 - \ln 0,17) \cdot C_0}{R_h}.$$

Поселение мидий экспериментального коллектора, достигших товарного размера (50 мм), потребляет корм со средней скоростью $R_h = 0,181 \text{ г} \cdot \text{ч}^{-1}$.

Представляет интерес расчет максимальной протяженности хозяйства при разных концентрации корма и скорости течения. В акваториях Черного моря, в которых концентрация корма варьирует от $0,175$ до $0,500 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$, а скорость течения — от $0,5$ до $20 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$, допустимая длина хозяйства изменяется от 8 м до 35 км. Эти расчеты свидетельствуют о необходимости тщательного и регулярного на протяжении года предварительного изучения экологии района, предполагаемого для размещения марихозяйства промышленного типа. Особенно важными явля-

ются данные о сезонной динамике концентрации трофически ценной части взвешенного органического вещества, преобладающих направлений и скорости течения.

1. Грузов Л. Н. К теории процессов выращивания моллюсков в естественных условиях (системный подход) // Океанология. — 1985. — 5, вып. 6. — С. 1025—1033.
2. Иванов В. Н., Холодов В. И., Сеничева М. И., Пиркова А. В., Булатов К. В. Биология культивируемых мидий. — Киев: Наук. думка, 1989. — 98 с.
3. Марковцев В. Г., Брегман Ю. Э., Пржеменецкая В. Ф. и др. Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. — М.: Агропромиздат, 1987. — 192 с.
4. Морозова А. Л., Иванов В. Н., Холодов В. И. Теоретические основы зоокультуры мидий на Черном море // Первое Всесоюз. совещ. по проблемам зоокультуры (Москва, 1986 г.): Тез. докл. — М., 1986. — Ч. 3. — С. 45—46.
5. Сеничева М. И. Качественная характеристика спектра питания мидий *Mytilus galloprovincialis* на коллекторах // Тез. докл. IV Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным (Севастополь, апрель 1986 г.). — М., 1986. — Ч. 2. — С. 192—293.
6. Lewis S. Mussel culture: An East Coast perspective // Development in Aquaculture and Fisher Sci. — Amsterdam-Oxford, 1980. — N 7. — P. 99—140.

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

Получено 24.07.89

V. I. KHOLODOV, V. N. IVANOV, M. I. SENICHEVA

ESTIMATE OF POWER AND DIMENSIONS OF MUSSEL ECONOMICS ON THE BASE OF THE DATA ON TROPHIC CAPACITY OF THE REGION.

Summary

The nutritive base of mussels at an experimental mussel farm is described, and a method is suggested for calculation of mussel economics in the open zone of the sea with optimal use of the environment resources.