

ПРОБЛЕМЫ

ПРОВ 2010

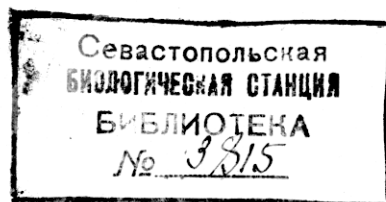
АКАДЕМИЯ НАУК
СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ТРУДЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

ИМЕНИ А. О. КОВАЛЕВСКОГО

Том VI

1872 — 1947



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1948 ЛЕНИНГРАД

Г. Н. МИРОНОВ

ФИЛЬТРАЦИОННАЯ РАБОТА И ПИТАНИЕ МИДИЙ ЧЕРНОГО МОРЯ

В последнее время фильтрующие организмы привлекают к себе внимание не только биологов, но и гидрологов.

Работы К. А. Воскресенского за 1945 и 1946 гг. (Институт зоологии МГУ), устанавливающие несомненное влияние мидий на плотность и прозрачность воды, ставят мидий (и, вероятно, другие организмы-фильтраторы) в ряд немаловажных гидрологических факторов.

Биофильтраторы Черного моря, имеющего ряд специфических особенностей, несомненно, представляют интерес в смысле сравнения их с биофильтраторами северных морей.

Настоящая работа является первым этапом изучения биофильтраторов Черного моря и имеет задачей установить объемы воды, фильтруемые в единицу времени (скорость фильтрации), выяснить влияние температуры и степени мутности на скорость фильтрации, а также осветить другие стороны этого процесса.

Нами разработана методика, несколько отличающаяся от методики, принятой К. А. Воскресенским.

Объектом наблюдения была избрана мидия, как один из наиболее массовых фильтраторов Черного моря. Выработке методики, которая будет изложена ниже, предшествовали наблюдения в природных и лабораторных условиях и ряд опытов, результаты которых совпадают с положениями К. А. Воскресенского и положены нами в основу разработанной методики.

Было необходимо прежде всего установить, насколько полно мидии удаляют взвешенные в воде частички, а затем найти способ приготовления взвесей, наименьшим образом изменяющих свою мутность вследствие осаждения частиц.

Для решения вопроса о полноте очищения воды мидией был произведен следующий опыт: в квадратный стеклянный аквариум, емкостью около 0.4 л, вставлялась парафиновая пластинка, делившая его на две приблизительно равные части. В горизонтальной щели, сделанной посередине парафиновой пластинки, резинками укреплялась мидия в таком положении, чтобы отверстие выводного сифона было направлено в одну половину аквариума, а бронхиальное отверстие — в другую. Для устранения проникания взвешенных частиц из одной половины аквариума в другую между мидией и краями щели в парафиновой пластинке прокладывался ватный валик.

В аквариум наливалась профильтрованная морская вода, и когда мидия начинала фильтрацию, в половину аквариума с обращенным в нее бронхиальным отверстием подливалась мутная вода (одновременно в дру-

382
гую половину аквариума доливалось столько же профильтрованной воды). Через некоторое время в заднем углу бранхиального отверстия начинали отлагаться псевдофекалии, вода светлела и вскоре становилась совершенно прозрачной.

Вода в другой половине аквариума не изменяла своей прозрачности, несмотря на сильную струю воды, выходящую из выводного сифона, наличие которой можно было видеть по отклонению подносимого к отверстию сифона шарика из смолы, а также по круговому движению пыли, упавшей на поверхность воды.

Эти опыты подтвердили положение К. А. Воскресенского о том, что мидии практически полностью освобождают воду от взвешенных в ней частиц (независимо от размера и вещества частиц).

В качестве взвесей были испробованы: картофельный крахмал, сажа, тушь, кармин, яичный порошок, растертые диатомовые водоросли, местная сукновальная глина «кил» и глина различной степени отмученности.

Самым лучшим материалом для получения наиболее устойчивых взвесей оказалась близкая к нефелиновым серая глина, дающая после соответствующей обработки устойчивые взвеси, в которых оседание частиц настолько медленно, что практически не отражается на опыте.

Для приготовления рабочей взвеси 1 г глины растирался в фарфоровой ступке с небольшим количеством воды до получения однородной массы, консистенции густой сметаны; количество воды постепенно увеличивалось при постоянном растирании; когда смесь становилась достаточно жидкой, она выливалась в сосуд, доливалась до 1 л морской водой, тщательно взбалтывалась, а затем оставлялась в покое для отстаивания.

Через два часа мутная жидкость над осадком отсасывалась сифоном и употреблялась для опытов. При необходимости приготовления большего количества жидкости, для отстаивания ставилось несколько сосудов одинаковой формы с разведенным в каждом из них в отдельности 1 г глины в 1 л воды (было установлено, что при размешивании, например 5 г глины в 5 л воды, получается другая густота взвеси).

Мутность жидкости, приготовленной указанным способом, при колориметрическом сравнении со штормовой водой после ветра в 8 баллов оказалась приблизительно в 30 раз большей.

Параллельно с описанными работами шло ознакомление с самим процессом фильтрации. На живых мидиях в аквариуме и на вскрытых (также живых) мидиях был прослежен путь отфильтрованных частиц и формирование псевдофекалий. У мидии вода проникает в мантийную полость через длинное, узкое бранхиальное отверстие между двумя фестончатыми краями мантии.

Крупные взвешенные частицы, прикасаясь к фестонам края мантии, заставляют последнюю смыкаться, закрывая частично или полностью бранхиальное отверстие. Более мелкие частицы, проходя вместе с водой в мантийную полость, устремляются к жабрам и оседают на них, а освобожденная от частиц вода проходит во внутреннюю жаберную полость. Осевшие на жабрах частички немедленно начинают движение по наружной поверхности жабр в направлении, обратном току приносящей их воды, и обволакиваются по пути слизью.

Достигнув сгиба жабр, частички, формируясь в слизистый шнур, скользят по сгибу к переднему концу моллюска. Затем слизистый шнур переходит со сгиба жабр на складчатую поверхность ротовых лопастей и волнообразно движется по ней к ротовому отверстию, но, не дойдя до него, переходит на внутреннюю сторону мантии и, вновь меняя направ-

ление, продолжает движение вдоль края мантии к заднему концу раковины. В заднем углу бранхиального отверстия оба шнура, правый и левый, сливаются и, в виде колбаски, выталкиваются наружу. Обжигания псевдофекалий прессом щупалец, как говорит об этом К. А. Воскресенский, мы не наблюдали. Если взвешенных частиц мало, то слизистый шнур очень тонок и легкий, подхватывается струей воды из выводного сифона и создает ложное впечатление, что псевдофекалии выходят из выводного сифона. На самом же деле, взвешенные в воде частички остаются на жабрах и не могут попасть в жаберную полость, чтобы образовать слизистый шнур, выходящий из выводного сифона.

Свежеотложенные псевдофекалии представляются остроконечными кучками из колбасок, хорошо сохранивших свою форму. При легком помешивании кучка распадается на отдельные колбаски и крупные хлопья, и только энергичное взбалтывание возвращает воде прежний равномерно мутный вид, сохраняющийся очень недолго вследствие быстрого образования хлопьев и оседания их на дно сосуда. Во всяком случае, токи воды в сосуде, образуемые мидией, совершенно недостаточны, чтобы обратить осажденные в псевдофекалиях частички обратно во взвешенное состояние. Через 10 дней горка псевдофекалий стала куполообразной, очертания колбасок сгладились, прочность уменьшилась. На 20-й день горка стала еще более плоской, покрылась мелкими углублениями и коричневыми пятнышками.

Процесс фильтрации непрерывен, но неравномерен, сопровождается толчками (воды) и прерывается мгновенными остановками с последующим интенсивным выпуском воды. Такие мгновенные остановки отделены одна от другой неравномерными промежутками времени.)

Наиболее трудно было отыскать способ наблюдения, позволяющий объективно судить о скорости очищения воды от взвесей и установить скорость фильтрации, т. е. объемы воды, фильтруемые мидией в единицу времени.

Мы рассуждали следующим образом.

В течение опыта мидия фильтрует в единицу времени некоторый постоянный объем воды. Объем воды, взятый для опыта, остается неизменным, а количество взвешенных частиц, осаждаемое из каждого профильтрованного объема, будет с течением времени уменьшаться. Вместе с тем отношение количества осаждаемых частиц к содержанию их в общем объеме воды в данный момент остается постоянным и равным отношению объема жидкости, фильтруемой в единицу времени, к общему объему воды в опыте. Таким образом, установив долю количества частиц, осаждаемую в единицу времени, из общего их количества, мы можем судить о доле общего объема воды, фильтруемой в ту же единицу времени.

Полагая общее количество частиц в сосуде равным 1, а количество частиц, осаждаемое мидией в единицу времени, равным $\frac{1}{a}$, рассчитаем количество частиц в жидкости, остающееся по истечении ряда последовательных отрезков времени:

Время	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	$\dots$	t_n
Количество взвешенных частиц в общем объеме воды . . .	1	$\frac{a-1}{a}$	$\frac{(a-1)^2}{a^2}$	$\frac{(a-1)^3}{a^3}$	$\frac{(a-1)^4}{a^4}$	$\frac{(a-1)^5}{a^5}$	$\frac{(a-1)^6}{a^6}$	$\dots$	$\frac{(a-1)^n}{a^n}$

Подставляя различные числовые значения a для взятых отрезков времени, т. е. полагая, что мидия осаждает во взятый нами отрезок времени $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ и т. д. долю общего количества частиц, находящихся в каждый отрезок времени в неизменном объеме воды, мы получим ряды дробей, стремящихся к нулю.

В первое время величины дробей будут больше половины, но затем наступает момент, когда в следующий отрезок времени величина дроби будет меньше половины.

Найдя численные величины дробей при различном значении, придаваемом a и t , и построив график,¹ мы увидим, что зависимость между a и t для момента, когда величина дроби равна половине, выражается равенством $a=1.5 t$, т. е. осаждаемая мидией доля общего количества взвешенных частиц, содержащихся в этот момент в жидкости, численно равна полуторному времени, протекшему от начала фильтрации до осаждения половины взвешенных частиц.

Выше было указано, что отношение осаждаемых в единицу времени частиц к их общему содержанию равно отношению объема воды, фильтруемого мидией в ту же единицу времени, к общему объему воды в опыте, а поэтому, определив a по остатку взвешенных частиц и разделив на него общий объем воды в опыте, мы получим искомую нами скорость фильтрации.

Момент осаждения половины взвешенных в жидкости частиц устанавливался колориметрическим сравнением постепенно просветляемой мидией жидкости с той же жидкостью, разбавленной равным объемом воды и, следовательно, содержащей в одном и том же объеме воды половинное количество взвешенных частиц. Сравнивая (колориметрически) через равные промежутки времени постепенно просветляемую мидией жидкостью с жидкостью в контрольном сосуде, мы можем установить время (t), протекшее с начала фильтрации до удаления половины количества взвешенных частиц. Предварительно в отдельном сосуде небольшая порция жидкости из контрольного сосуда разбавлялась равным объемом воды и колориметрированием устанавливалась высота столба жидкости контрольного сосуда, соответствующая половине содержания в ней взвешенных частиц.

Результаты записывались по приводимому образцу (табл. 1, стр. 342).

Так как момент осаждения половины взвешенных частиц редко совпадает со временем наблюдения, то по полученным данным строился график, на котором устанавливался этот момент (рис. 1).

Разделив затем общий объем, в котором находилась мидия, на полуторное время, найденное по графику, получим объем воды, пропускаемый мидией в минуту.

Для наблюдений вода с глиняной взвесью, приготовленной, как указано было выше, наливалась в стеклянные литровые (или полулитровые)

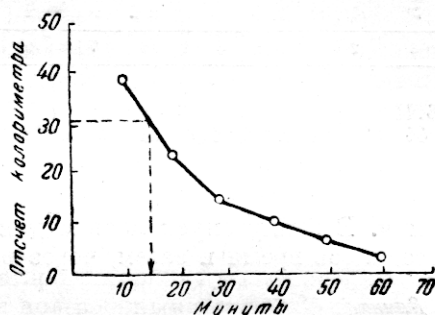


Рис. 1. Определение времени осаждения половины взвешенных частиц по колориметрическим наблюдениям

¹ Для построения графика нами были произведены вычисления со значением a от 1 до 45 и t от 1 до 26.

Таблица 1

Число и месяц	№ мидий	длина мидий, мм	f жидкости	содержание глины, г/см ³	показания колориметра при 1/2 содержания частиц	Наблюдения																	
						вре-мя		показания колориметра		вре-мя		показания колориметра		вре-мя		показания колориметра		вре-мя		показания колориметра		вре-мя	
						часы	минуты	часы	минуты	часы	минуты	часы	минуты	часы	минуты	часы	минуты	часы	минуты	часы	минуты	часы	минуты
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
16. II 46	26	54	16°	1:10 ³	31	11	30	39	11	40	23	11	50	14	12	00	10	12	10	7	12	20	4

банки. В банку опускалась мидия. Как только начиналась фильтрация, засекалось время и затем, через равные промежутки времени (5—10 ми-

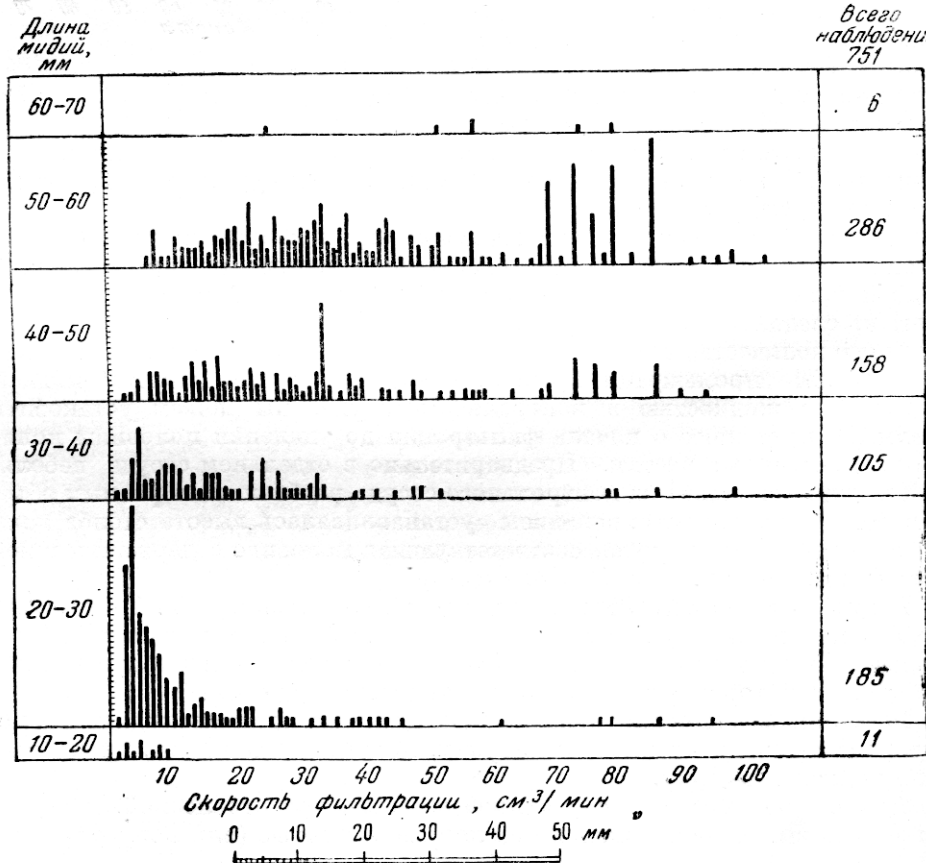


Рис. 2. Определение скорости фильтрации у мидий. 1 мм высоты столбика — результат одного наблюдения

нут) проводилось колориметрическое сравнение жидкости, в которой сидела мидия, с жидкостью в контрольном сосуде. Перед колориметрированием вода в обоих сосудах осторожно размешивалась с такой силой, чтобы отложенные на дно псевдофекалии остались нетронутыми.

Первоначально наблюдения велись над одной мидией, а затем над 5—6 экземплярами, помещенными каждый в отдельную банку.

Всего было проведено 750 наблюдений над мидиями от 10 до 70 мм. Все наблюдения, очень кропотливые и утомительные, проведены О. А. Галаджиевой, которой приношу свою искреннюю благодарность.

Результаты наблюдений представлены на рис. 2.

На рисунке приведены величины скорости фильтрации и их повторяемость у мидий разной величины. Каждый миллиметр высоты столбика соответствует одному наблюдению. Если провести кривую по вершинам этих столбиков, то в каждой группе исследованных мидий будет виден двугорбинный характер этой кривой. Особенно ясно эта двугорбинность обозначилась в группе 50—60 мм. Чем меньше размер мидий, тем слабее проявляется двугорбинность. Можно предположить, что мидии имеют два порядка скоростей фильтрации. Скорости первого порядка присущи всем мидиям, имеют одну среднюю и могут считаться нормальными (у мидий 50—60 мм около $30 \text{ см}^3/\text{мин.}$). Скорости второго порядка имеют среднюю в несколько раз большую и могут считаться повышенными (около $65 \text{ см}^3/\text{мин.}$ у тех же мидий).

Чем крупнее мидии, тем чаще и резче проявляются скорости второго порядка. Однако причины этого явления нам не ясны и требуют дальнейших наблюдений.

Средние скорости фильтрации и объемы, фильтруемые мидиями разной величины в час и в сутки, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Длина мидий, мм	Число наблюдений	Средняя скорость фильтрации, $\text{см}^3/\text{мин.}$	Скорость фильтрации, $\text{см}^3/\text{мин.}$		Объем воды, фильтруемой в 1 час, л	Объем* воды, фильтруемой в сутки, л
			макс.	мин.		
10—20	11	5.5	9.1	1.9	0.33	6
20—30	135	11.5	90.9	2.2	0.68	12
30—40	105	19.2	95.2	2.1	1.15	21
40—50	158	34.1	125.0	4.9	2.05	37
50—60	286	47.8	166.7	5.7	2.87	52
60—70	4	64.8	76.5	55.5	3.89	70

К. А. Воскресенский (1945) приводит следующие объемы воды, фильтруемой мидиями в 1 час: для мидий 5—10 мм — 50 см^3 и для мидий 35—40 мм — 1400 см^3 . Последняя величина очень хорошо совпадает

* Продолжительность работы мидии в течение суток принимается нами равной 18 часам (см. дальше).

с нашими наблюдениями, по которым мидия 37.5 мм длины фильтрует в час 1380 см³.¹

В. П. Воробьев (1938) указывает, что, по данным Хааса для берегов Германии, взрослая *M. edulis* в течение одного часа при температуре 17° С пропускает через мантийную полость и удерживает пищу, содержащуюся в 3 л воды. Понимая под «взрослой мидией» мидию промыслового размера, т. е. длиной от 60 мм и выше, можно считать, что полученные нами для этой группы величины также довольно близко подходят к величине 3 л, указанной В. П. Воробьевым.

Одновременно с этими наблюдениями было проведено наблюдение, имевшее целью выяснить продолжительность работы мидии в течение суток и скорость, которую имеет струя воды, выходящая из выводного сифона мидии.

Методика наблюдения заключалась в следующем. К мидии, положенной на бок на стеклянную пластинку, укрепленную в аквариуме на глубине 5—6 см от поверхности воды, подставлялся регистратор (рис. 3), представлявший собою покрывное стеклышко, свободно подвешенное на стеклянных нитях на тонкую стеклянную горизонтальную ось. На покрывное стеклышко расплавленным канадским бальзамом приклеивалась тонкая стеклянная палочка-указатель, свободный конец которой

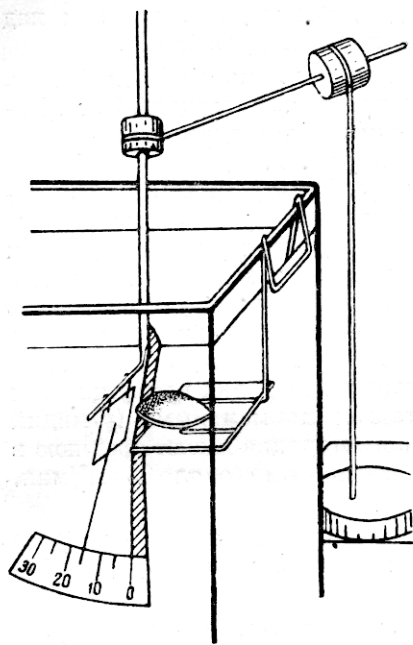


Рис. 3. Установка опыта для выяснения продолжительности и скорости фильтрации воды мидией

двигался против бумажной шкалы, разграфленной на угловые градусы. Регистратор устанавливался так, чтобы покрывное стеклышко находилось своим центром против отверстия сифона, перпендикулярно выходящей из него струе воды. В течение суток через каждые пять минут записывалось деление шкалы, против которого находился свободный конец указателя, отклоняемого вместе с покрывным стеклышком струей воды, выходящей из сифона мидии. Затем из плотной бумаги вырезался кружок с отверстием, равным отверстию сифона наблюдавшейся мидии, и при помощи парафина укреплялся на коротком отростке стеклянной трубки-тройника; второй конец тройника наглухо закрывался, а третий проходил через пробку в одном из отверстий У-образной трубки, сообщавшей два стоящие рядом аквариума.

Против отверстия в кружке устанавливался регистратор, применявшийся для наблюдения над мидией. Во второй аквариум наливалась вода, которая по У-образной трубке переливалась в первый аквариум и, входя через отверстие в бумажном кружке, отклоняла регистратор (рис. 4).

Разность уровней в аквариумах, отсчитываемая по поплавкам, плавающим в каждом аквариуме против миллиметровой шкалы, позволяла

¹ Приводимая нами величина 1380 см³ найдена графически.

вычислить скорость струи, соответствующую тому или другому углу отклонения регистратора.¹

Полученные нами данные для мидии в 43 мм длинной дали среднюю скорость струи воды, выходящей из сифона мидии, около 10.4 см/сек.; в некоторые моменты скорость струи достигала 16.9 см/сек. Если взять среднюю площадь отверстия сифона мидии и умножить ее на скорость струи, вытекающей из сифона, то получается объем воды, проходящей через отверстие сифона в секунду, откуда можно вычислить объем воды, проходящей через отверстие сифона в минуту, т. е. получить величину, которую мы называем «скоростью фильтрации».

Для упомянутой выше мидии многократные измерения дали среднюю площадь отверстия сифона 2.4 мм, а скорость фильтрации, полученная этим способом, оказалась равной 14.9 см³/мин. и близкой к скорости фильтрации 16.6 см³/мин., определенной для этой же мидии в тот же день по глиняной взвеси.

Наблюдения были начаты в 14 часов 27 марта 1947 г. и закончены в 14 час. 15 мин. на следующий день. В течение суток было

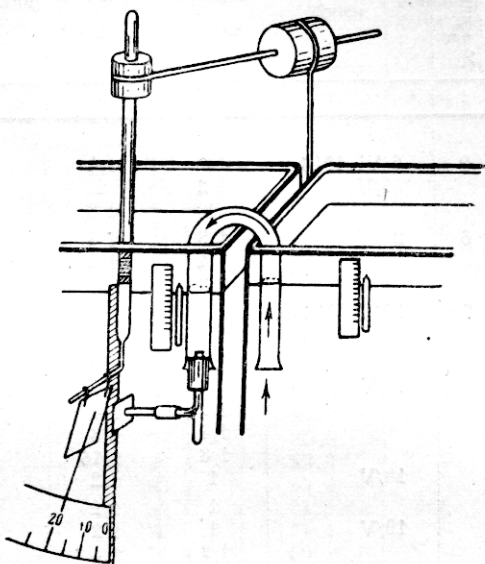


Рис. 4. Установка для определения скорости струи воды по углу отклонения регистратора

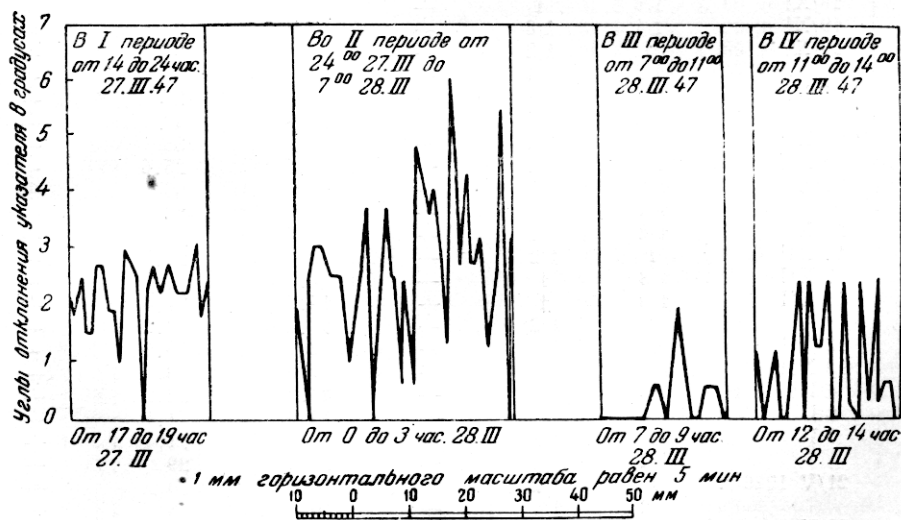


Рис. 5. Характер работы мидии в течение суток

¹ Скорость струи определялась по формуле $v = \sqrt{2gH}$, где H — разности уровней в сообщающихся сосудах.

Таблица 3

№ мидий	Дата наблюдений	Концентрация		Направление изменения концентрации	Скорость фильтрации		Направление изменений скорости фильтрации
		первоначальная	последующая		первоначальная	последующая	
1	2	3	4	5	6	7	8
9	6/VI 1946 г. 7/VI	1/8	1/4	+	60	25	—
		1/2	1	+	10.8	10.5	0—
		1	1/8	—	10.3	14.5	+
6	25/V	1/8	1/4	+	23.8	31.9	+
		1/4	1/2	+	31.9	31.9	0
		1/2	1	+	31.9	31.6	0—
7	16/V 1946 г.	1	1/2	—	15.7	23.8	+
		1/2	1/4	—	23.8	31.6	+
		1/4	1/8	—	31.6	26	—
	17/V	1	1/2	—	14.2	14.6	0+
		1/2	1/4	—	14.6	25.8	+
		1/4	1/8	—	25.8	47.3	+
	18/V	1/8	1/16	—	47.3	40.9	—
		1	1/2	—	7.5	18.1	+
		1	1/2	—	22.0	24.3	+
	19/V	1	1/2	—	15.7	24.0	+
		1/2	1/4	—	24.0	31.6	+
		1/4	1/8	—	31.6	25.8	—
8 25	15/V	1	1/2	—	10.5	18.7	+
	14/XI	1/2	1/4	—	27	53	+
	16/XI	1	1/2	—	28	24	—
	18/XI	1/2	1/4	—	24	21	—
		1/8	1	+	83	42	—
		1/4	1/8	—	37	33	—
	19/XI	1	1/2	—	55	37	—
	20/XI	1/2	1/4	—	37	183	+
		1/8	1/4	+	183	25	+
		1/4	1/2	+	25	23	—
	18/XII	1	1/2	—	17	33	+
	19/XII	1/4	1/2	+	14.7	25.6	+
	21/XI	1/8	1/4	+	76	83*	+
	23/XI	1/4	1/2	+	83	22	—
		1/2	1/4	—	45.5	25.6	—
30	18/XII	1	1/2	—	33.3	26.5	—
	7/XII	1/8	1	+	38.5	8	—
	10/XII	1/8	1	+	16.6	71.4	+
38	12/XII	1	1/2	—	71.4	22.2	—
		1	1/2	—	12.2	76.9	+
		1/4	1	+	47.6	33.3	—
	4/I 1947 г.	1/8	1	+	21.3	22.2	+
	8/I	1/8	1	+	13.9	71.4	+
	7/I	1	1/2	—	6.5	71.4	+
	21/V 1946 г.	1/2	1/4	—	71.4	29	—
		1	1/2	—	5	10	+
		1/2	1/4	—	10	8	—
	23/V	1	1/2	—	31.9	31.6	0—
		1/2	1/4	—	31.6	24	—
		1/4	1/8	—	24	29	+
	24/V	1/8	1/4	+	15.1	12	—
		1/4	1/2	+	12	23.4	+
		1/2	1	+	23.4	14.2	+
46	4/I 1947 г.	1/8	1	+	71.4	47.6	—

Продолжение таблицы 3

№ мидий	Дата наблю- дений	Концентрация		Направ- ление измене- ний кон- центра- ции	Скорость фильтрации		Направ- ление из- менений скорости филътра- ции
		первона- чальная	последую- щая		первона- чальная	последую- щая	
1	2	3	4	5	6	7	8
44	6/I	1/2	1/4	—	18.5	58.8	+
		1/4	1/8	—	58.8	52.6	—
		1/8	1/8	0	52.6	14.2	—
		1/8	1	+	74.1	74.4	0+
43	4/I	1/8	1	+	38.5	16.9	—
		1/4	1/8	—	71.4	71.4	0
42	7/I	1/2	1/4	—	76.0	29.4	—
		1/2	1/4	—	22.2	29.4	+
		1/4	1/8	—	77.0	74.1	—
		1/8	1	+	74.1	71.4	—
41	7/I 1947 г.	1/2	1/4	—	91	83.3	—
		1/8	1	+	74.1	83.3	+
40	9/XII 1946 г.	1/2	1/4	—	37.1	30.3	—
		1/8	1	+	22.2	83.3	+
		1	1/2	—	83.3	55.6	—
39	9/XII	1/2	1/4	—	34.4	51	+
		1/8	1	+	20	71.4	+
		1	1/2	—	71.4	50	—
		1	1/2	—	41	83	+
37	6/XII	1/2	1/4	—	83	83	0
		1/4	1	+	83	76.9	—
		1	1/2	—	25.7	71.5	+
		1/2	1/4	—	30.3	37.1	+
36	3/XII	1/4	1	+	47.6	66	+
		1/2	1/8	—	30.3	26.3	—
35	4/XII	1	1/4	—	26.3	66.7	+
		1/2	1/8	—	66.7	22.2	—
		1	1/2	—	38.5	56.2	+
		1/4	1/8	—	83.4	37.1	—
34	3/XII	1/8	1	+	37.1	8	—
		1/2	1/4	—	33.5	66.7	+
		1/4	1/8	—	66.7	33.3	—
		1/4	1/8	—	83.4	43.5	—
33	6/XII	1/8	1	+	43.5	7.8	—
		1	1/2	—	37.1	83.4	+
26	16/XI	1	1/2	—	43	28	—
		1/2	1/4	—	28	43	+
		1/8	1	+	67	33	—
		1/4	1/8	—	22.2	41.6	+
24	19/XI 1946 г.	1	1/2	—	83.3	25.8	—
		1/2	1/4	—	37	58.8	+
		1/2	1/4	—	37	47	+
		1/8	1	+	83	43	—
		1/4	1/8	—	33	31.7	—
		1	1/2	—	38.4	22.2	—
		1/2	1/4	—	22.2	83.3	+
		1/8	1/4	+	27	83.3	+
	17/XII	1/4	1/2	+	83.3	32.2	—
		1/2	1/4	—	76.9	30.5	—
		1	1/2	—	12	33.3	+
		1/4	1/2	+	14.7	74.1	+
		1	1/2	—	24.4	17.8	—
		1/4	1/2	+	83.3	32.2	—
		1/2	1/4	—	76.9	30.5	—
		1	1/2	—	12	33.3	+

Продолжение таблицы 3

№ мидий	Дата наблюдений	Концентрация		Направление изменений концентрации	Скорость фильтрации		Направление изменений скорости фильтрации
		первоначальная	последующая		первоначальная	последующая	
1	2	3	4	5	6	7	8
11	14/VIII	1	1/2	—	36	88.8	+
		1/2	1/4	—	88.8	76.3	—
	22/VIII	1	1/4	—	33.3	83.3	+
		1/4	1/8	—	83.3	68.3	—
	23/VIII	1/8	1/2	+	68.3	16.6	—
		1	1/4	—	25.6	37	+
		1/4	1/8	—	37	40.7	+
		1/8	1/2	—	40.7	25.6	—
	24/VIII	1	1/4	—	8	35.7	+
		1/4	1/8	—	35.7	23.8	—
10	8/VIII	1/8	1/2	+	23.8	8.0	—
		1/8	1/4	+	10.7	21.2	+
		1/4	1/2	+	21.2	19	—
5	27/V 1946 г.	1/8	1/4	+	31.9	30	—
		1/4	1/2	+	30.0	69.3	+
		1/2	1/2	0	63.3	31.6	—
		1/2	1	+	31.6	31.6	0
		1/4	1/2	+	20	20	0
	28/V	1/2	1/8	—	20	30	+
		1/8	1	+	30	36	+
		1/2	1/8	—	50	30.6	—
	29/V	1/8	1	+	30.6	42.8	+
		1	1/4	—	42.8	20	—
	31/V	1/2	1/2	0	10.7	33.5	+
		1/2	1	+	33.5	27.2	—
	5/VI	1	1/4	—	10	37.5	+

записано 290 показаний регистратора. Помещаемый ниже график иллюстрирует характер работы у наблюдавшейся нами мидии (рис. 5).

Эти же наблюдения дали возможность хронометрировать работу мидии. Зарегистрированные периоды работы и покоя показали, что мидия в лабораторных условиях в течение суток имеет 5—6 часов покоя и 48—19 часов работы. Эта величина, использованная нами в последней графе табл. 2 — «объем воды, фильтруемой в 1 сутки в литрах», в дальнейшем может подвергнуться изменению. Полученные результаты определения продолжительности работы мидии в течение суток являются ориентировочными и требуют продолжения работы в будущем.

Однако, имея представление о скорости фильтрации и ориентировочные данные о продолжительности работы мидии в течение суток, можно подсчитать приблизительное количество воды, которое может профильтровать мидиное население Черного моря.

Подавляющая масса мидий (99.4% общего количества мидий) расположена пятнами в северо-западной части Черного моря на площади около 9.5 тыс. км², преимущественно на глубинах до 33 м. Учитывая соотношение возрастных групп, можно принять среднюю скорость фильтрации около 15 см³/мин. на 1 экземпляр. Таким образом, мидиное население северо-западной части Черного моря, достигающее 977·10¹⁰ экземпляров, способно профильтровать в сутки около 134 км³ воды.

Одновременно ставились опыты, имевшие целью выяснить влияние различной степени мутности на скорость фильтрации.

Наблюдения велись при неизменной температуре. Для получения различной степени мутности взвесь разбавлялась в 2, 4, 8 раз морской водой. Мидии переносились как из более мутной жидкости в менее мутную, так и наоборот.

Результаты наблюдений приводятся в табл. 3.

Из 129 приведенных в таблице наблюдений в 11 случаях изменение концентрации совершенно не отразилось на скорости фильтрации; в 60 случаях увеличение или уменьшение концентрации сопровождалось соответственно усилением или ослаблением скорости фильтрации и в 58 случаях наблюдалось обратное действие. Очевидно, концентрация взвеси не влияет на скорость фильтрации. Наблюдая за самым процессом фильтрации, т. е. за отделением частиц взвеси от жидкости, мы заметили, что жабры непрерывно очищаются и фильтрующая способность жабр остается неизменной (известно, что некоторые «фильтровальщики», не обладающие «самоочищающимся» фильтром, вынуждены бросать засорившиеся фильтры и строить новые *Oicopleura albicana*).

Наблюдения над влиянием температуры на скорость фильтрации проводились при неизменной концентрации перенесением моллюска в раствор с более высокой или более низкой температурой. Результаты наблюдений представлены в табл. 4.

Рассматривая данные, приведенные в табл. 4, мы видим, что в одних случаях никакого изменения скорости фильтрации при изменении температуры не последовало, в других — наоборот: при одной и той же температуре скорость фильтрации изменилась. При меняющейся температуре наблюдается как соответственное изменению температуры усиление или уменьшение скорости фильтрации, так и изменение скорости фильтрации в обратном направлении. Изменение скорости фильтрации, приходящееся на один градус разности температур, в большинстве случаев колеблется в сравнительно узких пределах (оставляя в стороне очень резкие отклонения) и наводит на мысль о том, что влияние температуры на скорость фильтрации маскируется еще не установленными факторами. Работа в этом направлении должна быть продолжена.

Попутно с выяснением влияния концентрации и температуры на скорость фильтрации были проведены некоторые наблюдения над питанием мидий.

Отбор частичек взвеси, идущих в пищеварительную систему, происходит во время волнообразного движения слизистого тяжа по ротовым лопастям, в щелях которых эти частички отделяются от слизистого шнура и по продольной щели, идущей вдоль края ротовой лопасти, движутся к ротовому отверстию.

Состав пищи очень близок составу планктона, взятого одновременно в этом же месте. Отмечается несколько большее, по сравнению с планктоном, количество бентонических форм. В пище обнаружены *Prorocentrum micans*, *Exuviella compressa*, *Peridinium Steinii*, *Phalacroma*, *Dinophysis*, обломки *Ceratium tripos* и другие перидинии, определить которые ввиду плохой сохранности не удалось. Из диатомей часто встречается *Rhabdonema*, *Melosiera*, различные *Navicula*, *Coscinodiscus*, иногда *Synedra* и *Fragillaria*. Из животных в пище мидий удалось обнаружить хитиновые остатки *Oithona minuta*, личиночные стадии веслоногих и усконогих раков, икры губок, личинки *Lamellibranchia* и *Gastropoda*, различные *Tintinnida*.

Таблица 4

№ мидий	Дата наблюдений	Температура раствора		Разность температур	Скорость фильтрации		Разность в скорости фильтрации	Величина изменения скорости фильтрации на 1°, см²
		первоначальная	последующая		первоначальная	последующая		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
35	1947 г. 14/I 18/I	13	18	+ 5	76.9	23.8	-53.1	10.6
		15	19	+ 4	30.3	12.5	-17.8	4.4
		14	22	+ 8	71.4	71.4	0	0
41	11/I 16/I 20/I 21/I	13.5	18	+ 4.5	43.4	76.9	+33.5	7.4
		14	17	+ 3	90.9	74	-16.9	5.6
		14	22	+ 8	41.6	46.5	+ 4.9	0.51
		13	20	+ 7	34.4	50.0	+15.6	2.2
		14	20	+ 6	66.6	95.2	+28.6	4.7
		15	24	+ 9	55.2	51.2	- 4.0	0.44
42	11/I 14/I 16/I 17/I 18/I	13.5	20	+ 6.5	76.9	74.0	- 2.9	0.44
		14	17	+ 3	66.6	41.6	-25	8.0
		15	19	+ 4	47.6	26.6	-21	5.2
		22	12	-10	76.9	22.2	-54.7	5.5
		12	22	+10	46.6	22.2	-24.4	2.4
		14	22	+ 8	76.9	76.9	0	0
		14	23	+ 9	47.4	26.2	-21.2	2.1
43	16/I 17/I 18/I 18/I 21/I 15 23/I	14	22	+ 8	28.9	55.5	+26.6	3.3
		12	17	+ 5	40.0	60.6	+20.6	4.1
		14	22	+ 8	83.3	83.3	0	0
		14	23	+ 9	66.6	20.4	-46.2	5.1
		14	20	+ 6	66.6	71.4	+ 4.8	0.8
		15	24	+ 9	51.2	46.6	- 4.7	0.5
		12	24	+12	11.9	35.7	+23.8	2.0
44	14/I 16/I 17/I 23/I	13	18	+ 5	17.5	23.8	+ 6.2	1.2
		22	12	-10	74	22.5	-51.5	5.1
		12	17	+ 5	14.8	31.7	+16.9	3.3
		12	24	+12	11.1	22.2	+11.1	0.9
46	11/I 11/I 14/I 16/I 17/I 12 18/I 20/I 21/I 15 23/I	13.5	20	+ 6.5	74	74	0	0
		14	17	+ 3	92.5	83.3	-11.9	3.7
		15	19	+ 4	76.9	44.4	-32.5	8.1
		22	12	+10	100	22.2	-77.8	7.8
		12	17	+ 5	35.0	44.4	+ 8.6	1.7
		12	22	+10	76.9	44.4	-32.5	3.2
		14	23	+ 9	76.9	24.6	-52.3	5.8
		13	20	+ 7	33.6	66.6	+33.6	4.8
		14	20	+ 6	71.4	76.9	+ 5.5	0.9
		15	24	+ 9	51.2	55.5	+ 4.3	0.9
		12	24	+12	11.1	20.8	+ 9.7	0.8
48	14/I 17/I	13	18	+15	26.6	13.3	-13.3	2.6
		12	22	+10	28.5	19.2	-11.3	1.1
49	15/I	12	22	+10	51.2	24	-26.6	2.7
50	15/I	12	22	+10	71.4	55.5	-14.9	1.6
51	15/I	12	22	+10	76.9	55.4	-20.9	2.0
52	13/II 13/II	13.2	15.5	+ 0.5	17.0	75.9	+58.0	116.0
		15.5	16.5	+ 0.5	37.0	83.3	+46.3	92.6

Продолжение таблицы 4

№ мидий	Дата наблюдений	Температура раствора		Разность температур	Скорость фильтрации		Разность в скорости фильтрации	Величина изменения скорости фильтрации на 1°, см³
		первоначальная	последующая		первоначальная	последующая		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
54	28/I	14	14.5	+0.5	15.4	51.2	+35.8	71.6
	29/I	13	12.5	-0.5	33.3	33.5	+ 0.2	0.4
	30/I	10.5	11	+0.5	18.8	31.2	+12.4	24.8
	3/II	9.5	10.5	+1.0	17.8	19.6	+ 1.8	1.8
61	5/II	12.5	14.5	+2.0	15.6	26.6	+11.0	5.6
54	13/II	15.5	16.0	+0.5	17.2	76.9	+58.7	119.4
		16.0	16.0	0	76.9	34.4	-12.5	
53	8/II	16.0	16.5	+0.5	37	83.3	+46.3	92.6
	11/II	10.5	18.0	+7.5	74	71.4	- 2.4	0.3
57	29/I	13	12.5	-0.5	35.7	22.2	-13.5	27.0
	3/II	9.5	10.5	+1.0	19.6	33.3	+13.7	13.7
	11/II	16.5	18.0	+1.5	74	33.3	-40.7	26.5
	13/II	16	16	0	46.6	38.4	- 8.2	
58	11/II	16.5	18	+1.5	83.3	44	-39.3	26.2
	13/II	16	16	0	66.6	43.4	-23.2	
	14/II	17.5	17.5	0	17.5	26.6	+ 9.1	
59	30/I	10.5	11	+0.5	11.1	28.9	+17.8	35.6
	5/II	12.5	14.5	+2.0	13.3	22.2	+ 8.9	4.4
60	29/I	13	12.5	-0.5	20.8	20.0	- 0.8	1.6
	5/II	12.5	14.5	+2	25.6	45.4	+19.8	9.9
	8/II	16.0	16.5	+0.5	31.2	40.0	+ 8.8	17.6
	11/II	16.5	18	+1.5	74.0	41.6	-31.4	20.5
	14/II	17	17.5	+0.5	76.9	22.2	-51.7	103
		17.5	17.5	0	22.2	22.2	0	
62	28/I	14	14.5	+0.5	11.1	41.6	+30.5	61.0
	14/II	17	17.5	+0.5	83.3	14.2	-69.1	138.2

Большую часть пищевой массы, извлеченной из желудка, составляют зеленовато-коричневые прозрачные шарики, а также угловатые, прозрачные, сильно преломляющие свет частички.

Фекалии мидий, содержащихся продолжительное время в сменяемой фильтрованной воде, содержат гораздо большие количества зеленовато-коричневых шариков, чем фекалии, собранные у мидий, живущих на воле. При добавлении в воду растертых в ступке диатомовых водорослей или густого планктона створки раскрываются шире и струя воды из выводного сифона усиливается. Интересно отметить, что прибавление в воду с мидиями мелко растертого крахмала или яичного порошка не дает этого эффекта (и крахмал и яичный порошок почти целиком удаляются в псевдофекалиях). Точно так же яйца и сперматозоиды мидий связываются слизью и удаляются с псевдофекалиями.

Сличение содержимого желудка с фекалиями мидии показывает большую полноту переваривания. Проглоченная пища совершенно теряет свой первоначальный вид, и в фекалиях обнаруживаются только наиболее стойкие, трудно или совсем не перевариваемые части: хитин, раковинки моллюсков, створки диатомей, иглы губок, иногда крупные обрывки водорослей. Продолжительность процесса пищеварения около 1.5—2 часов (считая от момента принятия пищи до появления фекалий). Отмечается, что после длительного голодания первые порции пищи менее переварены, чем последующие. Мидия, голодавшая более 10 дней, была накормлена планктоном. Появившиеся через 1.5 часа фекалии состояли в основном из вполне сохранивших свою форму и внутреннее строение *Sopropoda* с хитином, не потерявшим своей упругости. Более поздние фекалии состояли из смятых, размягченных хитиновых оболочек, и только глазной пигмент сохранил отчасти свой цвет.

Произведенные предварительные, ориентировочные наблюдения все же позволяют сделать некоторые выводы.

Аквариальные наблюдения подтвердили положение К. А. Воскресенского о практически полном очищении воды от взвешенных частиц, а также прочность псевдофекалий, исключаящую (в условиях опыта) возвращение осажденных частиц обратно во взвешенное состояние.

Скорость фильтрации у мидий Черного моря близка к таковой у мидий Белого моря. Скорость фильтрации у одного и того же индивидуума может колебаться в очень широких пределах (например, от 8 до 125 см³/мин.).

В лабораторных условиях фильтрация у мидий происходит круглосуточно, с неравномерными перерывами и остановками, за вычетом которых продолжительность фильтрации в сутки составляет приблизительно 18 часов.

Увеличение или уменьшение степени мутности взвеси, так же как повышение или понижение температуры, не влияет на скорость фильтрации.

Некоторое усиление фильтрации наблюдается по мере прибавления в воду с мидиями частиц, способных служить пищей (планктон, растертые диатомовые водоросли), а также после непродолжительного пребывания на воздухе без воды.

ЛИТЕРАТУРА

- Воробьев В. П. Мидии Черного моря. Тр. Аз.-Черн. научно-исслед. ин-та рыбн. хоз. и океаногр., Гос. издат. Крымской АССР, 1938, вып. II.
Воскресенский К. А. Биофильтраторы литорали и соображения к построению биогидрологии побережья, ГОИН, Доклады, 1945, № 58.
Воскресенский К. А. О влиянии организмов на циркуляцию вод. ГОИН, Доклады, 1946, № 105.
Зернов С. А. Общая гидробиология. Биомедгиз, 1934.