



УДК 594.124:574.5 (262.5)

В. Е. Заика, чл.-корр. НАН Украины, вед. научн. сотр.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,
Севастополь, Украина

ОСОБЕННОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ МИДИИ В ОПЫТАХ С «ДВУХСЛОЙНОЙ ВОДОЙ» И ВЛИЯНИЕ СЕЗОННОГО ТЕРМОКЛИНА НА МИДИЙНЫЕ ПОСЕЛЕНИЯ В ЧЁРНОМ МОРЕ

Иловая форма мидии *Mytilus galloprovincialis* обитает в Чёрном море на глубинах, где проходит скачок плотности, вызванный сезонным термоклином. В лаборатории создавали скачок плотности (с помощью «двухслойной воды» по солёности) и проверяли эффект фильтрации мидий. Установлено, что струя из выводного сифона моллюска не нарушает границы между двумя слоями, даже когда она расположена всего в 10 см над мидией, причем разность солёности двух слоёв не превышала 0.5 ‰. Мидия очищает от взвеси только нижний слой воды. Обсуждены экологические следствия.

Ключевые слова: мидия, фильтрация, скачок плотности

В Чёрном море мидия *Mytilus galloprovincialis* образует две формы – скаловую и иловую. Основные поселения иловой мидии встречаются на глубинах 20 – 50 м, где она является доминирующим видом зообентоса. Особенно обильна иловая мидия в поясе глубин 35 – 45 м [3, 18]. Из характерных факторов среды для этого диапазона глубин отметим наличие у его верхней границы, на 20 – 30 м, легкой градиентной зоны условной плотности, вызванной термоклином. Мощность верхнего перемешанного слоя и глубина границы подстилающего холодного промежуточного слоя испытывают сезонные изменения [1, 8]. На тех же глубинах (до 35 – 40 м) на северо-западном шельфе с 1970-х годов часто повторялись массовые донные заморы, приводившие к гибели мидийных поселений и другой макрофауны [4].

В связи с изложенным, представляется интересным получить более полное представление об условиях жизнедеятельности иловой мидии – массовой формы бентоса обсуждае-

мых глубин. В частности, неизвестны эффекты фильтрационной деятельности мидий вблизи скачков плотности. Некоторую информацию удалось получить в опытах с искусственно созданной «двухслойной водой», когда верхний и нижний слои различаются по солёности. Результаты экспериментов и обсуждение некоторых сторон экологии иловой мидии приведены в настоящем сообщении.

Материал и методы. Опыты проводили в стеклянных цилиндрах высотой 0.3 – 1.5 м, диаметром 5 – 16 см. На дно цилиндра помещали по одной мидии. Кроме того, несколько опытов было выполнено в аквариуме размерами 100 × 200 × 100 см, дно которого было равномерно покрыто мидиями. Во всех опытах использовались мидии длиной 3 – 4 см.

В качестве нижнего слоя, в котором содержались животные, служила профильтрованная прибрежная черноморская вода с исходной солёностью 17.94 ‰. Из такой же воды

готовили верхний слой с помощью контролируемого понижения солёности, достигаемого добавлением дистиллированной воды. Опыты проводили при температуре 17 – 19⁰.

В одной серии опытов в морскую воду добавляли тонкий ил и размешивали воду каждого слоя отдельно, перед наполнением опытного сосуда. Исходно верхний и нижний слои по мутности не отличались. Время экспозиции составляло 2 – 6 ч, иногда 12 ч. Результаты фильтрации, в частности, положение границы двух слоёв воды определяли визуально.

Поскольку в первых же опытах обнаружилось, что фильтрация мидии не вызывает перемешивания двух слоёв воды, в дальнейших вариантах опытов последовательно снижали толщину нижнего слоя, а также степень разбавления (уменьшали размеры скачка солёности), чтобы выяснить, в каких условиях фильтрационная струя мидий начнёт влиять на положение границы двух слоёв. В другой серии опытов ил не использовали, но в верхний слой добавляли безвредный флуоресцентный краситель в низкой концентрации, чтобы визуально контролировать возможное перемешивание слоёв.

Для опытов с гидробионтами существуют разные методики приготовления двухслойной и даже многослойной воды [12, 14, 16]. Мы использовали такую последовательность действий: сначала помещали в сосуд ми-

дию, затем наливали будущий верхний слой менее солёной воды, после чего через тонкую пластиковую трубку с воронкой медленно вливали на дно более солёную воду и осторожно удаляли трубку. При проведении опытов большую часть технической работы выполнила Н. И. Иванова, которой автор глубоко благодарен.

Результаты и обсуждение. В первые минуты опыта потревоженная мидия не открывает створки. В опытах с замутнённой водой видно, как частицы медленно оседают, накапливаясь, в частности, у границы двух слоёв. Начавшийся процесс фильтрации хорошо виден по движению втягиваемых мидией частиц и по струйкам осветлённой воды из выводного сифона животного, подъём которых можно видеть до границы двух слоёв. Довольно быстро нижний слой воды светлеет и становится прозрачным, а верхний остаётся наполненным взвешенными частицами. В контрольном сосуде вода за время экспозиции лишь слегка светлеет, благодаря гравитационному оседанию частиц взвеси.

Проведенные опыты показали, что струя воды из выводного сифона мидии не вызывает нарушения границы двух слоёв. Это справедливо для самого продолжительного времени экспозиции, причем даже в таких вариантах опыта, когда толщину нижнего слоя уменьшали до 10 см. В то же время,

в нестратифицированной воде мидия подобных размеров вызывает своей струёй движение частиц взвеси, которое можно наблюдать у самой поверхности цилиндра высотой 1.5 м (рис. 1).

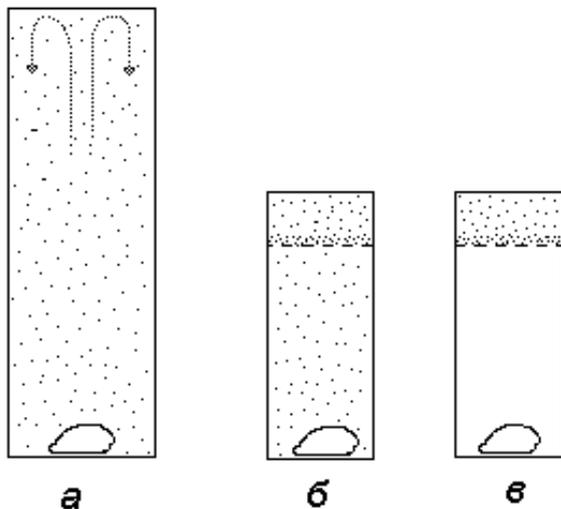


Рис. 1 Схема опытов с мидией в сосудах: *a* – движение частиц в высоком сосуде в воде без стратификации; *б* – распределение частиц в двухслойной воде в начале опыта и *в* – в конце опыта (пунктирной линией показана граница двух слоёв)

Fig. 1 Schematic figures on experiments: *a* – the particles movements in large cylinder without water stratification; *б* – particles arrangement in bilayer water at the experiment start, and *в* – at the end (Broken line is the border of two layers)

Чтобы выяснить, какими могут быть минимальные различия в солёности двух не смешивающихся слоёв, проводили опыты, в которых при подготовке воды для верхнего слоя последовательно уменьшали долю добавляемой дистиллированной воды, т.е. снижали её разбавление. Минимальное количество дистиллированной воды, при котором двуслойность не нарушалась, в наших опытах составляло 2.5 мл на 100 мл смеси. По нашим расчётам, это соответствовало различию солёности двух слоёв около 0.5 ‰. При меньшей разнице в солёности слоёв видно разрушение границы струйками из выводного сифона моллюска, приводящее к быстрому перемешиванию всего столба воды.

Следовательно, минимальный устойчивый скачок солёности в опытах (0.5 ‰) является непреодолимым барьером для осветления мидиями вышележащего столба воды. Наши опыты показали также, что минимальный скачок солёности сильно задерживает оседание мельчайших частиц взвеси, препятствуя её проникновению в нижний слой.

Фильтрационная активность мидийных полей изучалась в разных морях. Считают, что поселение с доминированием крупных мидий (5 – 7 см) менее чем за 5 мин очищает слой придонной воды толщиной 0.5 м от всякой взвеси, служащей им пищей, а также и от кислорода [15], так что жизнь моллюсков продолжается только благодаря быстрому возобновлению этих ресурсов [17]. Расчёты показывают быструю очистку моллюсками больших объёмов воды [11], но при этом подразумевается хорошее физическое перемешивание. Впрочем, обращали внимание и на барьерную роль плотностной стратификации, снижающей перемешивание и поток фитопланктонной пищи мидий из верхнего слоя [13].

Интересные для обсуждаемой темы данные полевых наблюдений получены на Чёрном море. При визуальном обследовании северо-западной части Чёрного моря была зарегистрирована достаточно четкая тенденция

повышения прозрачности придонного слоя воды над мидийными поселениями [3, 5]. Придонный прозрачный слой имел толщину до 15 – 20 м, но в большинстве случаев – 2 – 4 м. Видимость в этом слое, по полученным оценкам, была обычно в 1.5 – 2.0 два раза выше, чем в вышележащей толще воды. Было показано также, что видимость в вышележащей воде была довольно тесно связана с концентрацией агрегатов «морского снега», обычно хлопьев и нитей длиной 2 – 10 мм [5]. На Адлерском полигоне установлены большие потери во взвеси субколлоидного, пелитового материала с приближением ко дну. Он выносится течениями и осаждается в застойных местах типа Геленджикской бухты [10].

Прозрачность придонного слоя сильно меняется в зависимости от плотности мидийных поселений (приблизительно оценивали покрытие дна моллюсками, в процентах). Вариабельность прозрачности осветлённого придонного слоя и связь с количеством мидий позволили заключить, что осветление происходит непосредственно над полями мидий, по мере перемещения (течениями) вода быстро мутнеет. Кстати, обычно при наличии локальных потоков придонного течения верхняя граница слоя прозрачной воды была видна резче [3, 5]. Как эти явления связаны с плотностью воды? Для вертикальной оптической структуры черноморских вод характерны малопрозрачный перемешанный поверхностный слой, расположенный над сезонным пикноклином (термоклином), и холодный промежуточный слой, отличающийся повышенной прозрачностью [7].

Летом стратификация поверхностного слоя обусловлена вертикальными градиентами температуры. Верхний слой скачка плотности совпадает со скачком плотности. С началом весеннего прогрева градиенты плотности по глубине быстро возрастают и в июне – июле достигают максимума [9]. На прибрежных станциях в начале лета температура повышается быстрее и температурный фактор оказы-

вает основное влияние на вертикальное распределение плотности. При этом нередко, например, у кавказских берегов, плотность увеличивается в направлении от берегов к открытой части моря [6]. Прогрев воды вызывает появление термоклина и тонкого прогретого слоя малопрозрачной воды. Летом толщина поверхностного слоя малопрозрачной воды увеличивается до 25 - 30 м, а осенью достигает 35-40 м [7].

Как указывалось, наибольшей биомассы иловая мидия достигает в средней части поясного сообщества, на глубинах 35 – 45 м. Мы это объясняли [18] оптимальными условиями, в частности, хорошими условиями питания, связанными с интенсивной горизонтальной сменой воды, что косвенно подтверждается преобладанием песчаных грунтов, а также наличием на этих глубинах пика планк-

тонных цианобактерий, которых мидия в наших опытах эффективно отфильтровывала.

На меньших глубинах условия питания ухудшаются, так как столб воды между термоклином и дном становится всё меньше и быстрее облавливается моллюсками. Ниже оптимальных глубин условия обитания мидии снова ухудшаются. Об этом свидетельствует снижение биомассы. Кроме того, сравнение роста мидии в разных донных поселениях северо-западной части моря показало, что наименьшие темпы роста - у мидий из глубоководных поселений [2].

Выводы. Показано, что мидия (в «двухслойной воде») отфильтровывает частицы взвеси только в слое под скачком солёности, что может объяснять недостаток пищи и заморные явления в некоторых участках местообитаний.

1. Блатов А. С., Булгаков Н. П., Иванов В. А., Косарев А. Н., Тужилкин В. С. Изменчивость гидрофизических полей Черного моря. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 240 с.
2. Варигин А. Ю. Рост мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. в донных поселениях северо-западной части Черного моря: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 2006. - 22 с.
3. Заика В. Е., Валовая Н. А., Повчун А. С., Ревков Н. К. Митилиды Черного моря. - К.: Наук. думка, 1990. - 208 с.
4. Зайцев Ю. П. Антропогенные изменения в сообществах биологически активных зон Черного моря / Изменчивость экосистемы Черного моря. - М.: Наука, 1991. - С. 306 – 311.
5. Логачев В. С., Повчун А. С., Заика В. Е. Макродетрит, прозрачность и мидийные поселения // Биология моря. - 1990. – 6. - С. 20 – 27.
6. Лукашев Ю. Ф., Гусарова А. Н., Налбандов Ю. Р., Сердитенко В. В. Гидролого-гидрохимическая структура вод 200-метрового слоя Черного моря. / Современное состояние экосистемы Черного моря. - М.: Наука, 1987. - С. 13 – 29.
7. Николаев В. П., Шимкус К. М. Пространственно-временная изменчивость гидрооптических характеристик как проявление техногенного загрязнения / Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря. – М.: Надра, 1996. - С. 203 – 226.
8. Сорокин Ю. И. Чёрное море. - М.: Наука, 1982. - 217 с.
9. Филиппов Д. М. Циркуляция и структура вод Чёрного моря. - М.: Наука, 1968. - 136 с.
10. Шимкус К. М., Комаров А. В. Современное осадконакопление / Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря. – М.: Надра, 1996. - с. 57 – 104.
11. Cloern J. E. Does the benthos control phytoplankton biomass in South San Francisco Bay? // MEPS. - 1982. - 9, 2. - P. 191 – 202.
12. Coombs S. H. A density-gradient column for determining the specific gravity of fish eggs, with particular reference to eggs of the mackerel *Scomber scombrus* // Mar. Biol. - 1981. - 63, 1. - P. 101 – 106.
13. Frechette M., Butman C. A., Rockwell G. W. The importance of boundary-layer flows in supplying phytoplankton to the benthic suspension feeder, *Mytilus edulis* L. // Limnol. Oceanogr. - 1989. - 34, 1. - P. 19 – 36.
14. Harder W. Reaction of plankton organisms to water stratification // Limnol. Oceanogr. - 1968. - 13, 1. - P. 156 – 168.

- 15.
16. *Jorgensen C. B.* Effect of grazing: metazoan suspension feeders / In: Hobbie J. E., Williams P. J. B. (eds). Heterotrophic activity in the sea. / Plenum Press, N.Y., 1984. - P. 445 – 464.
17. *Metaxas A., Young C. M.* Behaviour of echinoid larvae around sharp haloclines: effect of the salinity gradient and dietary conditioning // *Mar. Biology.* - 1998. – **131**. - P. 443 – 459.
18. *Muschenbeim D. K.* The dynamics of near-bed seston flux and suspension-feeding benthos // *J. Mar. Res.* - 1987. - **45**, 2. - P. 473 – 496.
19. *Zaika V. E.* Spatial structure of the Black Sea benthic communities: influence of the pelagic processes / In: Ivanov L. I., Oguz T. (eds). Ecosystem modeling as a management tool for the Black Sea // Kluwer Acad. Publ., the Netherland. - 1998. – **1**. - P. 293 – 299.

Поступила 29 января 2007 г.

Особливості фільтрації мідії у дослідах з “двошаровою водою” та вплив сезонного термокліну на мідійні поселення у Чорному морі. В. Є. Заїка Ілова форма мідії *Mytilus galloprovincialis* мешкає у Чорному морі на глибинах, де знаходиться стрибок щільності, викликаний сезонним термокліном. В лабораторії відтворювали стрибок щільності (за допомогою “двошарової води” по солоності) та перевіряли ефект фільтрації мідій. Виявлено, що струя з вихідного сифону молюска не руйнує границю між двома шарами, навіть коли вона знаходиться усього у 10 см над мідією, причому різниця солоності двох шарів не перевищувала 0.5 ‰. Мідія очищує від взвісі тільки нижній шар води. Обговорені екологічні наслідки.

Ключові слова: мідія, фільтрація, стрибок щільності

The peculiarities of mussels filtration in experiments with “two-layer water” and of the season thermocline effect on mussel settlements in the Black Sea. V. E. Zaika. The silt form of the mussel *Mytilus galloprovincialis* inhabits the Black Sea at the depths with the jump of density, caused by the season thermocline. They created the jump of density in the laboratory (with the help of “two-layer water” according to salinity) and checked an effect of mussels filtration. It has been stated, that the flow from discharging syphon of mollusk did not disturb the boundary between two layers, even when it was located only 10 cm over mussel, with difference in two layers salinity not exceeding 0.5 ‰. Mussels clean from suspension only the lowest water layer. Ecological consequences have been discussed.

Key words: mussel, filtration, density jump