

Е.А.Куфтаркова, А.А.Субботин,
Н.Ю.Родионова, В.Н.Иванов

Институт биологии южных морей НАН Украины, г.Севастополь

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МИДИЙ В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ

Представлены результаты гидролого-гидрохимического мониторинга, выполненного в период с июля 2004 г. по май 2007 г. в районе опытно-промышленной мидийной фермы, расположенной на выходе из Севастопольской бухты. Проведенный мониторинг не регистрирует накопления на поверхности моря и у дна азот- и фосфорсодержащих органических и минеральных соединений, понижения величины рН, повышения значений БПК₅, а также нарушения продукционно-деструкционных процессов, обусловленных жизнедеятельностью моллюсков. Близкая расположенность фермы к выходу из Севастопольской бухты позволяет беспрепятственно поступать водам открытой части моря на ее акваторию, обеспечивая вынос продуктов метаболизма мидий за пределы марихозияства.

Мидиевое марихозияство как функционирующая экосистема является своего рода средообразующим фактором, поскольку в процессе жизнедеятельности моллюсков в воду поступают продукты их метаболизма: фекалии, псевдофекалии, выделяется аммонийный азот, фосфаты, растворенное органическое вещество, а также потребляется растворенный в воде кислород на дыхание и окисление продуктов их жизнедеятельности. Кроме того, в период нереста мидий происходит выделение в воду органического азота и фосфора, и понижается величина рН. В свою очередь, поступление в морскую воду соединений азота и фосфора, а также растворенного органического вещества стимулирует развитие фитопланктона – кормовой базы моллюсков. Одним из наиболее важных моментов при создании марихозияства является экологически эффективная биотехнология выращивания моллюсков, т.е. сохранение качества водной среды в объеме мелиорируемого водного пространства.

Однозначного мнения о влиянии культуры мидий в масштабах ферм на окружающую среду нет.

Одни исследователи эффект позитивного влияния марихозияств связывают с фильтрационными способностями мидий, приводящими к уменьшению содержания биогенных соединений, металлов, радиоактивного загрязнения, автохтонных и аллохтонных органических веществ и аллохтонной микрофлоры [1 – 8]. Эти авторы рассматривают систему культивирования гидробионтов как способ гидробиологической мелиорации водной среды.

Другие считают, что органические вещества метаболитов мидий не только стимулируют продукцию фитопланктона, но и что их действие по величине сравнимо с влиянием минеральных биогенных солей. Под влиянием метаболитов мидий регулируется структура сообщества фитопланктона, изменяется физиологическая активность клеток фитопланктона и расширяется видовое разнообразие [9, 10].

Вместе с тем, ряд авторов полагает, что чрезмерные масштабы ферм по культивированию мидий могут нарушить сложившееся экологическое равновесие экосистемы шельфовой зоны моря. В частности, выделение мидиями аммонийных соединений и растворенного органического вещества может усилить процесс эвтрофирования вод со всеми вытекающими последствиями, а деструкция и минерализация продуктов жизнедеятельности мидий создаст условия для развития заморных явлений в придонном слое и гибели донной фауны. Особенно это может проявиться на акваториях со слабым водообменом. Увеличение плотности размещения коллекторов на единицу площади может привести к заиливанию и загрязнению донных субстратов, заметно изменяется видовое сообщество бентоса, исчезают одни виды и появляются другие [11]. В этой связи автор предлагает крупные плантации создавать блоками площадью не более 1 га. В то же время, исследования, проведенные в прибрежном районе Кандалакшского залива Белого моря на ферме мощностью 350 т и площадью 15 га, не выявили различий по внутригодовой изменчивости кислорода, pH, фосфатов, нитратов и нитритов между фермой и контрольным участком моря [12].

Неоднозначность позиции авторов в значительной степени обусловлена тем, что исследования проводились в различных по динамическим и экологическим условиям прибрежных районах моря и при различных масштабах культивирования морских организмов. Гидробиологическая мелиорация водной среды, основанная на фильтрационных свойствах моллюсков, должна проводиться с учетом особенностей мелиорируемой акватории. Положительный результат будет обеспечен только в том случае, когда возрастающий поток вещества метаболитов мидий будет адекватен его выносу за пределы мелиорируемой акватории.

Несмотря на то, что опыт создания и функционирования экспериментальных и опытно-промышленных мидийных хозяйств на Крымском побережье насчитывает более 30 лет, не определены граничные условия, позволяющие определять перспективность района. Вместе с тем, ряд исследователей отмечает высокую выживаемость мидий в различных условиях температуры, солености, содержания кислорода, нефтепродуктов, примеси различных веществ в воде благодаря своим адаптационным свойствам [13 – 15].

Целью настоящей работы было выявить возможное влияние мидийной фермы на состояние водной среды за три года ее функционирования. Ферма мощностью 50 т и площадью около 1,5 га расположена в районе выхода из Севастопольской бухты на акватории с глубинами 12 – 14 м. По данным многолетнего экологического мониторинга и биогеохимического районирования морской поверхности Севастопольской бухты, район, где расположена мидийная ферма, оценивается как район слабого загрязнения бухты [16].

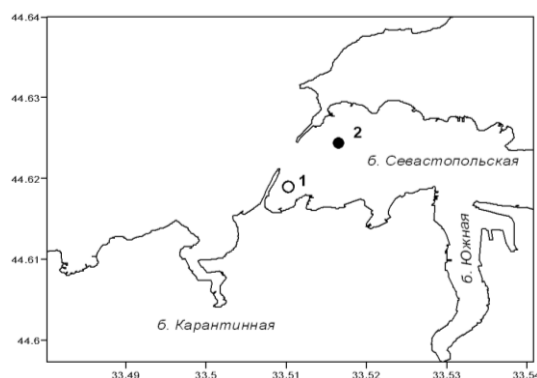
Авторы не ставили перед собой задачи всестороннего рассмотрения различных сторон данной проблемы. Приведенные результаты представляют собой лишь итог одного из направлений исследований по изменению абиотических факторов водной среды в районе марихозяйства. Одновременно проводились исследования по изучению численности, биомассы и видового разнообразия фитопланктона, чему будут посвящены отдельные публикации. К сожалению, не проводились бентосные наблюдения.

Материалы и методы исследования. Гидролого-гидрохимические наблюдения в районе фермы проводились ежемесячно в период с июня 2004 г. по май 2007 г. и включали в себя зондирование толщи вод от поверхности до дна STD-зондом «Катран-04», технические характеристики которого позволяют исследовать вертикальную термохалинную структуру вод с дискретностью 0,6 м, а также производить отбор проб морской воды на поверхности и у дна. Всего проведено 27 съемок. Нарушение периодичности отбора проб было обусловлено либо неблагоприятными погодными условиями, либо ремонтом и профилактикой плавсредств. В качестве приоритетных гидрохимических показателей были выбраны следующие: температура, соленость, растворенный кислород, величина pH, нитритный, нитратный и аммонийный азот, фосфаты, силикаты, органический азот и фосфор, биохимическое потребление кислорода на пятые сутки. Иногда определяли перманганатную окисляемость в щелочной среде. Гидрохимические анализы выполнялись согласно стандартным методикам в аккредитованной на техническую компетентность лаборатории [17, 18].

Одновременно для контроля пробы морской воды отбирали на те же гидрохимические показатели на станции, расположенной на выходе из Севастопольской бухты вне влияния фермы (рис.1).

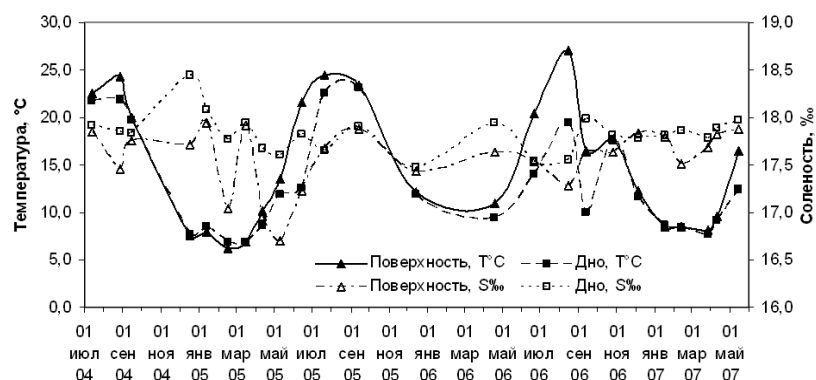
Результаты и обсуждение. Необходимыми условиями для размещения марихозяйств в прибрежной зоне моря являются оптимальные гидрологические условия: термохалинный режим, обеспечивающий жизнедеятельность и репродуктивный цикл моллюсков, активная динамика вод, способствующая «промываемости» фермы, т.е. привносу питательных элементов и выносу продуктов жизнедеятельности, минимизация влияния штормового волнения.

Исследуемая мидийная ферма расположена в полузамкнутой экологически напряженной Севастопольской бухте, но благодаря близкому ее расположению к выходу из бухты, обновление вод происходит достаточно интенсивно за счет водообмена с прилегающей частью моря. Об этом свидетельствуют данные немногочисленных наблюдений и модельных расчетов, полученных для данного района в различные годы после строительства мо-



Р и с . 1 . Район исследований: 1 – мидийная ферма; 2 – контрольная станция.

ла на входе в Севастопольскую бухту [19 – 22]. Так, согласно [19], несмотря на уменьшение водообмена Севастопольской бухты с открытой частью моря на 40 – 70 % после появления мола, он составляет 245 м³/с. Скорости течений на входном канале при определенных ветровых ситуациях достигают в верхнем слое 40 – 60 см/с, в придонном – 15 – 20 см/с. При этом в проливе наблюдается 2 – 3-слойная структура течений различного направления.



Р и с . 2 . Сезонная изменчивость температуры и солёности на мидийной ферме в период наблюдений 2004 – 2007 гг.

Термохалинная структура вод в предпроливной части Севастопольской бухты формируется в соответствии с характером водообмена через пролив и, отчасти, в зависимости от стока р.Черной [21]. Сезонная изменчивость значений термохалинных характеристик в этом районе, в целом, соответствует наблюдающимся на взморье Севастополя [23], хотя, имеются некоторые отличия.

На рис.2 представлены данные сезонной изменчивости температуры и солёности в поверхностном и придонном слоях на ст.1, полученные по материалам трехлетнего мониторинга. Как видно из рисунка, ход температуры морской воды по всей толще вод имеет четко выраженный сезонный характер с максимумом (до 24,0 – 27,0 °C) в поверхностном слое в июле – августе и минимумом (до 6,0 – 8,0 °C) в феврале – марте. Сезонный термоклин выражен неявно, а разность значений температуры в поверхностном и придонном слоях даже в теплый период составляет 3,0 – 7,0 °C. В холодный период года значения температур практически не отличаются, в некоторых случаях придонные температуры выше поверхностных на 1,0 – 1,5 °C.

Изменчивость солёности в районе ст.1 не имеет явного сезонного характера. Солёность на придонных горизонтах изменяется от 17,54 до 18,45 ‰. Минимальные значения отмечаются в весенне-летний период, а максимальные – в зимний период. В поверхностном слое диапазон изменчивости солёности больше – от 16,70 до 17,92 ‰, а сам ход солёности подвержен непериодическим флуктуациям с амплитудой до 0,5 – 0,9 ‰. Минимальные значения солёности в поверхностном слое отмечены в мае 2005 г., максимальные – в марте того же года. Такой характер изменчивости солёности в предпроливной зоне характеризует активный водообмен через пролив и является следствием влияния как синоптических, так и сезонных процессов (сток р.Черной). Учитывая небольшие глубины на акватории расположения фермы, по всей толще происходит перемешивание вод практически в течение всего цикла выращивания моллюсков и обеспечивает, с одной стороны, равномерное поступление тепла, кислорода и питательных веществ по всей глубине размещения мидийных коллекторов, с другой – вынос продуктов жизнедеятельности моллюсков за пределы фермы. Активное

перемешивание и динамика вод обеспечивает также разнос личинок мидий в периоды нереста по всей акватории Севастопольской бухты, способствуя созданию мидийных поселений.

Исследования режима растворенного кислорода в районе фермы показали следующее. Максимальные величины (7,5 – 8,9 мл/л) отмечались с февраля по апрель в период зимне-весеннего массового развития фитопланктона. Минимальные значения (5,4 – 6,2 мл/л) регистрировались в августе – сентябре в период высоких температур воды и повышения интенсивности окислительных процессов. Разница в значениях кислорода между поверхностью и дном была незначительной и составляла от 0 до 0,5 мл/л, а в июле – августе она достигла максимума (1,0 – 1,2 мл/л).

Поскольку относительное содержание кислорода зависит от температуры и солености, его годовой ход имеет более сложный характер, чем у абсолютных величин. В поверхностном слое относительное содержание O_2 колебалось от 77 до 120 %, у дна от 93 до 123 %. Средние значения были достаточно высокими и характерными для прибрежных акваторий (табл.1). Минимальные значения отмечались в декабре 2004 г., это не было связано с жизнедеятельностью мидий, поскольку на контрольной станции в этот период насыщение вод кислородом в поверхностном слое и у дна было аналогичным. Отобранные в этот период пробы морской воды на Севастопольском взморье за пределами бухты также имели низкие значения насыщения кислорода по всей толще вод. Это было связано с поступлением глубинных вод с прилегающей к бухте акватории, которые, кроме пониженных значений кислорода в районе ст.1 и ст.2, характеризовались низкими величинами рН (8,20 – 8,30), повышенными концентрациями нитратного азота (171 – 183 мкг/л), фосфатов (24 – 34 мкг/л) и соленостью у дна (18,45 – 18,49 ‰).

Изменения величины рН в районе фермы находились в диапазоне 8,24 – 8,58 на поверхности и 8,20 – 8,46 у дна. На контрольной станции соответственно 8,20 – 8,58 и 8,19 – 8,52. Определенной сезонной закономерности в распределении величины рН не наблюдалось, поскольку, в большей степени, на ее изменения в этом районе оказывали влияние воды открытой части моря и распресненные воды различного происхождения (речные, ливневые, бытовые), поступающие в бухту.

В районах функционирования марихозяйств наибольшую значимость представляют минеральные формы азота и фосфора, с которыми связаны про-

Т а б л и ц а 1. Средние значения гидрохимических показателей в районе мидийной фермы и на контрольной станции (данные 2004 – 2007 гг.)

станции	H, м	S, ‰	O ₂ ,		рН	БПК ₅ мг/л	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	Si	P _{орг}	N _{орг}
			мл/л	%			мкг/л						
ферма	0	17,56	6,84	107	8,39	0,74	3	48	9	6	126	19	546
	12	17,82	6,58	99	8,33	0,74	3	22	10	11	145	8	552
контроль	0	17,52	6,96	109	8,40	0,87	3	68	9	6	133	18	561
	12	17,85	6,53	97	8,35	1,12*	3	31	10	12	180	26	801*

* – единичные наблюдения

процессы созидания органического вещества, а, следовательно, обеспечивается кормовая база для гидробионтов.

Диапазон изменения концентрации нитратного азота в районе фермы составлял от 0 до 176 мкг/л в поверхностном слое и от 0 до 140 мкг/л в придонном. На контрольной станции значения нитратного азота были выше: на поверхности от 0 до 247 мкг/л и у дна от 0 до 251 мкг/л. Поскольку нитратный азот, в некоторой степени, является составляющей компонентой пресных вод (атмосферных осадков, речных и сточных вод), повышение его значений иногда совпадало с понижением солености. Так, распреснение в поверхностном слое фермы в феврале 2005 г. (17,04 ‰) и на контрольной станции (17,01 ‰) соответствовало значениям нитратного азота 176 и 184 мкг/л соответственно. В то же время, в декабре 2004, 2005 и 2006 гг. регистрировались максимальные концентрации нитратного азота на контрольной станции и на ферме, обусловленные поступлением глубинных более соленых вод в период зимнего конвективного перемешивания. Так, в декабре 2004 г. в придонном слое фермы и на контрольной станции соленость была максимальной и составляла 18,45 и 18,49 ‰ соответственно. Значения нитратного азота в этот период на поверхности были высокими и составляли в районе фермы 171 мкг/л и на контрольной станции 183 мкг/л. В большей степени влияние вод взморья наблюдалось на контрольной станции, поскольку она расположена ближе к выходу из бухты.

Аналогичная ситуация наблюдалась и в распределении силикатов: в период паводка, выпадения осадков и подъема глубинных вод отмечалось повышение их концентрации. Диапазон колебаний значений силикатов на поверхности и у дна в районе фермы и на контрольной станции был идентичен и составлял, соответственно, от 0 до 289 мкг/л и от 0 до 412 мкг/л.

Содержание аммонийного азота в районе фермы изменялось от 0 до 33 мкг/л на поверхности и у дна. На контрольной станции максимальные значения аммонийного азота были выше: от 0 до 44 мкг/л в поверхностном слое и от 0 до 63 мкг/л у дна. Как правило, повышенные значения аммонийного азота отмечались в холодное время года (декабрь – февраль) за счет поступления с глубинными водами в период повышения динамической активности вод, а также снижения потребления аммония фитопланктоном.

Концентрация фосфатов колебалась от 0 до 34 мкг/л в поверхностном слое и от 0 до 39 мкг/л – в придонном. В районе фермы в 50 % случаев значения фосфатов у дна были в 3 – 4 раза выше, чем на поверхности. Аналогичная ситуация наблюдалась и на контрольной станции, только с большей амплитудой колебаний значений фосфатов между поверхностью и дном, которое свидетельствует о том, что повышение фосфатов у дна в районе фермы не связано с жизнедеятельностью моллюсков.

Содержание нитритов в районе фермы было невысоким – от 0 до 8 мкг/л на поверхности и от 0 до 10 мкг/л у дна – и не превышало ПДК, равное 20 мкг/л.

Диапазон изменения концентрации органического азота в районе мидийной фермы составлял на поверхности от 83 до 984 мкг/л, у дна от 243 до 759 мкг/л; органического фосфора 0 до 153 мкг/л на поверхности и 0 – 27 мкг/л у дна. Экстремальные величины этих показателей в районе фермы

наблюдались в июне 2005 г. в период, когда визуально вода по всей акватории бухты была взмучена и содержала много взвеси. Такого же высокого порядка величины органического азота и фосфора в этот период отмечались на контрольной станции и на акватории взморья, прилегающего к бухте.

Значения БПК₅, в районе фермы колебались от 0 до 3,25 мг/л при средней величине 0,74 мг/л (табл.1). Величины БПК₅, превышающие ПДК, отмечались в поверхностном слое фермы (на 0,5 мг/л) в феврале 2005 г. в период распреснения вод и у дна (на 1,25 мг/л) в июне 2006 г. в период существования сезонного термоклина. Перманганатная окисляемость в ноябре 2004 г. в поверхностном слое фермы составляла 3,21 мг/л; в июне 2005 г. – 4,46 мг/л на поверхности и 3,49 мг/л – у дна. Устойчивого повышения концентрации органического вещества в придонном слое мидийной фермы в исследуемый период не наблюдалось.

Аналогичные наблюдения, проведенные нами в 1984 – 1986 гг. на мидийной ферме в районе Батилимана показали, что в условиях устойчивого сезонного термоклина (глубина фермы 18 – 25 м) в результате замедленного вертикального обмена в теплый период года в придонном слое по сравнению с поверхностным слоем наблюдались повышенные в 2 – 3 раза значения БПК₅ и в 4 – 5 раз значения окисляемости [24]. Кроме того, в отличие от фермы, расположенной в Севастопольской бухте, ферма в районе Батилимана имела в 5 раз большую площадь и соответственно мощность.

По данным [25] для создания и развития управляемого морского хозяйства необходимо изучение продукционно-деструкционных процессов. В августе 2005 г. нами были проведены измерения суточного хода кислорода, температуры и гидрохимических параметров в поверхностном слое фермы. Наблюдения проводили в штилевую погоду, что позволило пренебречь влиянием адвекционных процессов и процессов эвазии. Продукция кислорода, рассчитанная по разнице между значениями, измеренными на восходе солнца и на закате, составляла 0,53 мг О₂/л, а деструкция, измеренная в ночное время между закатом и восходом, составляла 0,60 мг О₂/л. Таким образом, продукция практически равнялась деструкции, что свидетельствует о сбалансированности этих процессов в районе исследуемой фермы.

Закключение. Район расположения мидийной фермы вблизи входного канала в Севастопольскую бухту соответствует оптимальным по гидрологическим факторам условиям для нормального полноценного функционирования марихозяйства. Ферма находится в зоне активного водообмена, что способствует выносу продуктов метаболизма мидий за пределы марихозяйства и распространению личинок мидий по всей акватории бухты.

В исследуемый период нарушений в водной экосистеме мидийной фермы по гидрохимическим параметрам не наблюдалось. Проведенный гидрохимический мониторинг не регистрирует накопление на поверхности моря и у дна азот- и фосфорсодержащих органических и минеральных соединений, а также повышения значений БПК₅, обусловленных жизнедеятельностью моллюсков. Значения кислорода на ферме во всей толще вод не опускались ниже оптимальной нормы, установленной для рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{рбх} = 4,2 мл/л).

Во-первых, это связано с небольшим масштабом фермы. Во-вторых, близкая расположенность к выходу из Севастопольской бухты позволяет беспрепятственно поступать водам открытой части моря на ее акваторию. Функционирование фермы свидетельствует о благоприятном выборе района, поскольку, закрытость от ветров не дает развиваться волнению, приводящему к обрыву коллекторов и загрязнению придонного слоя моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галкина В.Н., Кулаковский Э.К., Кунин Б.Л.* Влияние аквакультуры мидий в Белом море на окружающую среду // *Океанология*.– 1982.– 22, вып.2.– С.321-324.
2. *Иззатулаев З.И.* Водные моллюски Средней Азии – индикаторы загрязнения водоемов и водотоков // *Гидробиологический журнал*.– 1992.– 28, № 1.– С.45-52.
3. *Александров Б.Г.* Методологические аспекты управления качеством водной среды с помощью обрастания твердых субстратов // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2000.– С.64-68.
4. *Александров Б.Г.* Управление качеством водной среды с помощью обрастания твердых субстратов // *Северо-западная часть Черного моря: биология и экология*.– Киев: Наукова думка, 2006.– С.549-554.
5. *Білоконь Г.С., Дворецкий А.І., Оніщенко В.І.* Моллюски як фактор очищення водойм від радіактивного забруднення // *Еколого-функціональні та фауністичні аспекти дослідження молюсків, їх роль у біоіндикації стану навколошнього середовища*.– вип.2.– Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І.Франка.– С.32-33.
6. *Говорин И.А.* Роль черноморских мидий в процессе элиминации аллохтонных бактерий из морской среды // *Гидробиол. журн*.– 1991.– 27, №4.– С.33-38.
7. *Говорин И.А., Адобовский В.В., Катков В.Н.* Санитарно-бактериологические аспекты использования марикультуры мидий для биомелиорации морской среды // *Гидробиол. журн*.– 1994.– 30, №1.– С.44-53.
8. *Говорин И.А.* Роль мидий в санитарно-бактериологической мелиорации морских вод // *Северо-западная часть Черного моря: биология и экология*.– Киев: Наукова думка, 2006.– С.538-543.
9. *Галкина В.Н.* Роль метаболитов мидий в развитии прибрежного планктона Баренцева моря // *Промысловые двусторчатые моллюски – мидии и их роль в экосистемах*.– Л., 1979.– С.42-43.
10. *Кулаковский Э.Б.* Биологические основы марикультуры мидий в Белом море.– М.: Зоол. институт РАН, 2000.– 167 с.
11. *Золотницкий А.П., Крючков В.Г.* О возможных экологических последствиях крупномасштабного культивирования мидий в шельфовой зоне Черного моря // *II международная конференция «Современные проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна»*, Керчь, 26-27 июня 2006 г.– Керчь, 2006.– С.67.
12. *Садыхова И.А., Ляхин О.И.* Экологические условия выращивания мидий в отдельных бухтах Кандалакшского залива // *Комплексные исследования экосистемы Белого моря*.– М.: ВНИРО, 1994.– С.108-115.
13. *Кочиков В.Н.* Океанологическое обеспечение морских хозяйств по выращиванию беспозвоночных. ЦНИИТЭИРХ (обзорная информация).– Сер.1.– М., 1979.– 56 с.

14. *Алякринская И.О.* Биохимические предпосылки высокой выживаемости мидий // Промысловые двустворчатые моллюски – мидии и их роль в экосистемах.– Л., 1979.– С.12-14.
15. *Миронов О.Г.* Взаимодействие мидий с нефтяным загрязнением // Промысловые двустворчатые моллюски – мидии и их роль в экосистемах.– Л., 1979.– С.88-90.
16. *Иванов В.А., Овсяный Е.И., Репетин Л.Н. и др.* Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006.– 91 с.
17. *Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов.*– М.: ВНИРО, 1988.– 119 с.
18. *Методические указания № 30.*– М.: Гидрометеиздат, 1966.– 39 с.
19. *Хоролич Н.Г.* Расчет водообмена мелководного залива (бухты) с морем // Тр. ГОИН. Вопросы гидрологии морей.– М.: Гидрометеиздат, 1986.– С.113-118.
20. *Морочковский В.А., Ковальчук Ю.Л.* Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты // Ихтиофауна черноморских бухт в условиях антропогенного воздействия.– Киев: Наукова думка, 1993.– С.17-24.
21. *Овсяный Е.И., Кемп Р.Б., Репетин Л.Н., Романов А.С.* Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты в условиях антропогенного воздействия (по наблюдениям 1998 – 1999 гг.) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2000.– С.79-103.
22. *Шапиро Н.Б., Юценко С.А.* Моделирование ветровых течений в Севастопольских бухтах // Морской гидрофизический журнал.– 1999.– №1.– С.42-56.
23. *Белокопытов В.Н., Ломакин П.Д., Субботин А.А., Щуров С.В.* Фоновая характеристика и сезонная изменчивость вертикальной стратификации термохалинного поля у побережья Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2002.– вып.1(6).– С.22-28.
24. *Куфтаркова Е.А., Ковригина Н.П., Бобко Н.И.* Оценка гидрохимических условий бухты Ласпи – района культивирования мидий // Экология моря.– 1990.– № 36.– С.3-12.
25. *Сапожников В.В.* Биогидрохимические исследования продукционно-деструкционных процессов в искусственных экосистемах // Биологические основы аквакультуры в морях европейской части СССР.– М.: Наука, 1985.– С.55-65.

Материал поступил в редакцию 8.06.2007 г.