

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МАРИКУЛЬТУРЫ МОЛЛЮСКОВ

Ю.Б. Елецкий¹, И.Ю.Елецкий², М.Ю. Кужель³

¹ Учреждение Российской академии наук «Южный научный центр РАН», г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: elezkiy@pn.kubannet.ru

² ООО «НК «Приазовнефть», г. Краснодар, ул. Кирова, 99

³ ООО НИЦ «Морские Технологии», г. Краснодар, ул. Красных партизан, 413

Ключевые слова: Черное море; марикультура; культивирование; океанологические условия; фитопланктон; зоопланктон; кормовые ресурсы; загрязнение; антропогенные факторы.

Keywords: Black Sea; mariculture; cultivation; oceanographic conditions; phytoplankton; zooplankton; food stock; pollution; anthropogenic factors.

Abstract

The article covers the results of the study of hydrological and environmental conditions typical of the eastern coastal area of the Black Sea, which are used to implement the opportunity of mussel reproduction and commercial breeding at the hydrobiotechnical facilities adjusted to the local conditions. The paper looks into environmental conditions, mussel (*Mytilus galloprovincialis*) biology and dynamics of some biological parameters of mussel natural habitat in the Black Sea.

Введение

Интенсивное развитие марикультуры в мире обусловлено целым рядом факторов, к которым в первую очередь можно отнести: большое разнообразие объектов культивирования с высокими пищевыми, лечебно-профилактическими и лечебными свойствами; возможность проведения постоянного контроля качества продукции, круглогодичное устойчивое производство сырья и получение экологически чистой продукции в нужные сроки.

В настоящее время более 25% мирового объема сырья морского происхождения получают за счет марикультуры – культивируемых ценных видов рыб, беспозвоночных и водорослей. Темпы наращивания объемов культивирования морских объектов во многих странах мира растут в последние годы.

По прогнозам экспертов ФАО, доля марикультуры в стоимостном выражении мировой продукции достигла 50% [11]. Развитие этого направления во многих странах мира осуществляется на уровне национальных программ и базируется на значительных государственных инвестициях [12].

По оценкам экспертов, потенциальные возможности России в производстве аквакультуры составляют 1-2 млн. тонн [3].

Из многих нерыбных объектов марикультуры для Черного моря наиболее перспективен моллюск мидия (*Mytilus galloprovincialis*). Мидии составляют более 50 % мирового объема марикультуры, годовая продукция их достигает 1 млн. тонн [11].

Культивирование моллюсков в Черном море имеет 3 важных аспекта:

- это вид возобновляемого в контролируемых объемах, импортозамещающего ресурса, который расширяет спектр пищевой, кормовой, медицинской и технической продукции;

- увеличение пояса естественных фильтраторов за счет культивирования моллюсков способствует улучшению экологических условий (биомелиорации) в прибрежной зоне;

- увеличение объемов культивирования мидий расширяет масштабы воспроизводства и поддерживает, таким образом, биоразнообразие в Черном море.

Целью данной работы является исследование экологических условий в восточной части Черного моря с точки зрения их пригодности для развития промышленной марикультуры.

1. Общая характеристика восточного Черноморского побережья

Прибрежная часть Черного моря в пределах Краснодарского края составляет около 2%, имеет протяженность 280 морских миль (518 км) по направлению с северо-запада на юго-восток между 40°30' с.ш. и 45°07' с.ш., и вытянуто узкой полосой от основания Таманского полуострова до реки Псоу,

пограничной с Грузией.

Побережье входит в состав Крымско-Кавказской горной страны и является частью Причерноморско-Кубанской провинции. С севера Черноморское побережье ограничено хребтами Большого Кавказа и характеризуется преимущественно низкогорным рельефом с абсолютными высотами 600-700 м в районе г. Анапа и до 2500 м в районе г. Сочи. Основными орографическими элементами Черноморского побережья являются параллельные эрозионно-денудационные гряды и хребты, разделенные продольными межгорными депрессиями и поперечными речными долинами. Большинство гряд, хребтов, межгорных понижений располагаются в северо-западном направлении.

Эрозионный характер рельефа Черноморского побережья определен антиклинальным строением хребтов и литологическим составом отложений. Это зона меловых и палеогеновых флишевых осадков.

Климат побережья характеризуется как переходный от восточно-средиземноморского типа к влажному субтропическому, отличается сухим и очень теплым летом, отрицательных среднемесячных температур практически не бывает [5].

Основными климатообразующими факторами здесь являются горы, преграждающие путь холодным массам воздуха с севера и северо-востока, и Черное море, оказывающее смягчающее воздействие на климат, как зимой, так и летом.

Количество атмосферных осадков увеличивается в направлении от Новороссийска до Туапсе, Сочи (от 600 мм до 1500 мм с максимумом зимой). В северо-восточной части Черного моря часты сильные шквальные ветры восточных румбов (Новороссийская бора), это зона взаимодействия воздушных масс, которые изменяются по сезонам. Сезонная смена типов атмосферной циркуляции характеризует только преобладающие ветровые потоки и может нарушаться в отдельные периоды под влиянием местных атмосферных условий.

Горные хребты вызывают конденсацию влаги и резкое увеличение атмосферных осадков по сравнению с равнинной частью побережья. Этим в большей мере определяется и распределение водотоков.

Зима на Черноморском побережье Краснодарского края не настолько мягкая, чтобы растения могли вегетировать круглый год, как в субтропиках. На участке от Таманского полуострова до Михайловского перевала холодные континентальные воздушные массы зимой могут прорываться на побережье, перевалив через горы. Здесь довольно часто повторяются низкие температуры зимой (в Новороссийске и Геленджике в отдельные годы бывают морозы до $-21...-24$ °С), однако зима все же более теплая, чем на соседней равнине Предкавказья. Лето обычно ясное и жаркое. Осадки выпадают в осенне-зимний период преимущественно в виде дождя, но количество их за год не велико. Существует вероятность возникновения опасных паводков в реках побережья, в летнее и осеннее время.

2. Соответствие условий окружающей среды задачам воспроизводства и культивирования моллюсков

При выборе места для создания хозяйства по воспроизводству и культивированию моллюсков (мидии), в первую очередь следует ориентироваться на районы с максимальной интенсивностью оседания личинок, а также на районы их возможного подращивания. При организации хозяйств выростные участки должны быть расположены как можно ближе к местам первичной переработки или в районах с развитой транспортной инфраструктурой.

Для определения районов установки мидийных носителей необходимо исследовать температурный режим района, соленость и содержание растворенного кислорода в воде, кормовую базу, плодовитость моллюсков, сроки их размножения и выхода половых продуктов, сезонную динамику численности и распределения личинок мидий, длительность пелагического периода личиночных стадий мидий. Это позволит определить подходящие сроки и

районы для постановки коллекторов, а также глубину их установки. Большое значение при размещении мидийных носителей имеют океанологические исследования циркуляции водных масс, а также изучение рельефа и структуры дна.

Обоснование размещения марихозийств в восточной части Черного моря основывается на анализе соответствия экологической обстановки условиям выращивания мидий. В зависимости от уровня загрязненности районы выращивания можно разделить на пригодные, условно пригодные, ограниченного применения и непригодные. В настоящее время в прибрежной зоне восточной части Черного моря имеются возможности для получения как кормовой, так и пищевой мидии, а также имеются участки, требующие проведения биомелиоративных мероприятий.

Значительное влияние на формирование полей гидролого-гидрохимических параметров в прибрежной зоне восточной части Черного моря оказывают вихревые структуры Кольцевого Циклонического течения (КЦТ), ранее называвшегося Основным Черноморским течением (ОЧТ), и речной сток [6].

При постановке мидийных плантаций необходимо учитывать возможность выноса из района размещения коллекторов продуктов жизнедеятельности моллюсков. Основным фактором, обеспечивающим вынос метаболитов, является местная циркуляция водных масс.

Циркуляция вод. В прибрежной зоне российской части Черного моря циркуляция вод определяется КЦТ с генеральным направлением на северо-запад, а также локальными апвеллингами. На его прибрежной периферии формируются антициклонические вихревые образования, смещающиеся вместе с потоком. Однако скорость их смещения ниже скорости потока и составляет 7-10 см/с. Центр антициклона обычно располагается в зоне свала глубин. При размере вихря 40-60 км его периферия проходит в 1 км от берега. В этом случае интенсифицируется вдольбереговое течение (ВБТ), направлен-

ное на юго-восток. В зоне устьев рек, в условиях интенсивного речного стока, происходит захват речных вод и формирование антициклонических линз с распресненной водой, которые, прокатываясь по периферии топографического антициклона, попадают в струю антициклона. Скорости перемещения линз близки к скоростям основного потока, поэтому они движутся быстрее топографических вихрей. Перспективно размещать мидийные плантации в зоне апвеллинга, так как поднимающаяся вода будет захватывать со дна накопившиеся продукты жизнедеятельности мидий, выносить их на поверхность, где в результате интенсивного ветрового перемешивания будет происходить их распыление и снос дрейфовым течением на удаление до 12 км от берега [10]. Течения и циркуляция водных масс не ограничивает развитие марикультуры.

Мидии чувствительны к изменению *температуры* и оптимальными для их жизнедеятельности является температура воды зимой не ниже 3°C, летом – не выше 30°C. По средним многолетним показателям температурные условия не ограничивают размещение хозяйств.

Соленость. Поскольку у мидий отсутствуют механизмы регуляции осмотического давления и концентрации ионов в гемолимфе, они способны переносить широкие колебания солености. Однако при солености ниже 11‰ молодь не оседает, а при 8‰ происходит резкое замедление роста. Оптимальная соленость находится в пределах 15-20‰, что обеспечивает нормальный гаметогенез, рост, нерест, развитие и оседание личинок [8].

Речной сток оказывает значительное влияние на формирование полей гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик поверхностного слоя воды прибрежной зоны. В соответствии со степенью влияния речного стока прибрежная зона восточной части Черного моря подразделяется на районы, подверженные постоянному распреснению, районы с сезонным распреснением и районы с незначительным влиянием речного стока. Наиболее благоприятны для размещения мидийных плантаций районы с незначительным распреснением. В зонах с сезонным и постоянным

распреснением наблюдается значительная элиминация (опадение) мидий с коллекторов - искусственных носителей [2, 5].

Содержание растворенного кислорода. Мидии, используя гликолиз, какое-то время могут существовать в условиях кислородного дефицита. Так при понижении насыщения воды кислородом менее 40% рост мидий замедляется в 2,5 раза, а при 20% - в 27 раз. При 10% насыщении мидии не растут [8]. Для обеспечения нормального роста мидий необходимо, чтобы морская вода была насыщена кислородом не менее чем на 80%. Дефицита растворенного кислорода в поверхностном слое морских вод прибрежной зоны в восточной части Черного моря не обнаружено.

Минеральные кормовые ресурсы. Гидрохимические исследования в районах размещения мидийных хозяйств приобретают особое значение, поскольку позволяют объективно оценить уровень концентрации биогенных элементов, определяющих степень первичного продуцирования и в итоге "кормность" выбранного района. Анализ соотношений минеральных и органических форм биогенных элементов дает важную информацию об обеспеченности фитопланктона биогенными веществами, накоплении органики в тех или иных зонах, о поступлении в море неорганических форм биогенов со стоком рек.

Исследования показывают [4], что процентное содержание органического азота в общем азоте в водах восточного побережья Черного моря составляет 60-90% на глубоководных и 50-75% на прибрежных станциях. Понижение доли органического азота вблизи берега преимущественно связано с выносом береговыми стоками неорганических форм азота. В то же время увеличение содержания органических форм азота в направлении берег-море свидетельствует об убывании концентрации неорганических форм, в результате смешения прибрежных вод с водами открытого моря, а также вследствие активного потребления минеральных соединений азота фитопланктоном. Наименьшие концентрации органического азота наблюдаются в период

летней "депрессии" фитопланктона - около 1,0-2,0 мкг-ат/л. Во время "вспышек" развития водорослей концентрации органического азота значительно возрастают - 15,0-20,0 мкг-ат/л. Наибольшие концентрации органического азота в целом соответствуют наиболее продуктивным участкам восточной части Черного моря и достигают 40,0 мкг-ат/л.

Кормовые ресурсы для культивируемых моллюсков. Содержание хлорофилла "а" в морской воде - важный биогидрохимический показатель, дающий ценную информацию о продуктивности данного участка моря, а также об эколого-физиологическом состоянии фитопланктона - неперенного звена трофических цепей морских экосистем и кормового объекта многих культивируемых гидробионтов.

Различия в содержании хлорофилла в водах различных районов шельфа определяются с одной стороны, климатическими особенностями, с другой - местными океанологическими условиями. Анализ многолетних данных по распределению хлорофилла "а" в шельфовых водах Черного моря [3], показал, что прибрежные участки (полигоны) восточного шельфа моря можно разделить на следующие группы:

1. Группа полигонов с явно выраженным высоким уровнем трофности вод: юго-восточный шельф (район Адлер-Сочи). Концентрация хлорофилла "а" на этих участках в течение всего года выше условной границы между мезо- и эвтрофными водами, составляющей 1 мг/м³, в периоды "вспышек" развития фитопланктона достигает 3-5, на отдельных участках до 10 мг/м³. Основной причиной, приводящей к поддержанию таких концентраций, является сток кавказских рек, создающих обширную зону распреснения в районе Адлера и поставляющих большое количество биогенных элементов, что вызывает активное развитие фитопланктона.

2. Группа полигонов с временно эвтрофными водами (районы Тамань, Утриш, Новомихайловский, Головинка, Небуг, Геленджикская бухта). Содержание хлорофилла в этих районах большую часть года колеблется в пре-

делах 0,5- 1,0 мг/м³ и лишь в периоды максимального развития фитопланктона может достигать 1,5-2,0 мг/м³. На северо-восточном шельфе (район мыса Утриш) наибольшие концентрации этого пигмента отмечаются после действия апвеллинга, а в районе Тамани они связаны с выходом азовоморских вод. В Геленджикской бухте определяющими являются береговые стоки и рекреационная нагрузка на воды бухты. Южнее (Новомихайловка, Головинка, Небуг) на продуктивность прибрежной экосистемы влияют стоки рек Шахе, Нечепсухо, Головинка и др.

3. Группа полигонов со средним уровнем трофности (Пшада, Озереевка, Мысхако). Содержание хлорофилла “а” в течение года редко превышает 0,5 мг/м³.

Приведенная классификация полигонов относится к прибрежным водам с глубинами до 50 м. Однако, шельфовые воды далеко не однородны по своей продуктивности и гидролого-гидрохимическим характеристикам. Исследования показали [3,5,6], что вдоль восточного побережья Черного моря отчетливо выделяется фронтальная (конвергентная) зона, которая обычно приурочена к свалу глубин (100-500м) и располагается между прибрежными водами и водами КЦТ. Фронтальная зона хорошо просматривается на картах распределения хлорофилла “а” в поверхностном слое моря. Превышение концентраций пигмента на поверхности фронтальной зоны вдоль восточного шельфа моря в сравнении с прибрежными водами и водами КЦТ составляет 2-3 раза. Так, на северо-восточном шельфе (Геленджик-Анапа) вблизи берега концентрация хлорофилла “а” составляет около 0,5 мг/м³, во фронтальной зоне – 0,8-1,2 мг/м³. Кроме того, анализ вертикального распределения хлорофилла “а” показывает, что в пределах фронтальной зоны наблюдаются подповерхностные максимумы пигмента, глубина залегания которых составляет 20-30 метров.

Во фронтальной зоне также отмечается максимальное содержание хлорофилла “а” в столбе воды в пределах эвфотического слоя (так называемый

“запас”). Севернее содержание пигмента в столбе воды составляет около 45 мг/м³ в районе Гагра-Лазаревское, 25-30 мг/м³ на участке Лазаревское - Геленджик и около 30 мг/м³ в районе Геленджик – Анапа.

Широкомасштабные исследования распределения хлорофилла “а” в Черном море позволили произвести расчет содержания пигмента в эвфотической зоне различных районов моря. Полученные данные позволяют сделать ряд важных выводов. Во-первых, примерно две трети общего количества хлорофилла в Черном море, участвующего в процессе фотосинтеза (в пределах эвфотической зоны), приходится на шельфовые воды и лишь одна треть - на глубоководные районы с глубинами более 1000 м. При этом мелководная северо-западная часть в своих водах содержит около 43% пигмента. Наименее эвтрофированы прибрежные воды Крыма (0,51%) и восточного шельфа в пределах Краснодарского края (1,19%). Последнее обстоятельство объясняется небольшим количеством рек, особенно на северо-восточном участке, способствующих эвтрофированию прибрежных акваторий, а также отсутствием обширных мелководий и относительной близостью свала глубин и струи ОЧТ.

Фитопланктон. Видовой состав фитопланктона прибрежных вод восточной части Черного моря по результатам собственных исследований авторов в 2010-2012 г. был представлен 150 видами. Из них 55 относились к диатомовым, 85 - к перидиниевым, 18 - к зеленым, 13 - к сине-зеленым, 3 - к хризофитовым, 2 - к кренежгутиковым и 1 - к криптомонадам.

Преобладающими были роды: из диатомовых *Chaetoceros* - 10 видов, *Navicula* - 7, *Nitzschia* - 6, *Rhizosolenia* - 3; из перидиниевых *Ceratium* - 3 вида, *Exuviella* - 5, *Glenodinium* - 5, *Goniaulax* - 6, *Gymnodinium* - 5, *Peridinium* -13. Диатомовые водоросли рода *Chaetoceros* встречались преимущественно в июне-августе, что свидетельствует о нарушении хода сукцессии фитопланктона. Только для майского фитопланктона были характерны такие виды как *Coscinodiscus janishii*, *Tahalassiosira nana*, *Th. antiqua* var *septata*, *Th. excentrica*,

Dynophysis ocuta, *D. fortii*, *Phalacroma pulchellum*, *Destephanus speculum*, *Ebria tripastita*. В августе отмечались виды *Chaetoceros insignis*, *Ch. scabrosus*, *Ch. socialis*, *Ch. attinis*, *Ceratulina bergonii*, *Amphora poludosa*, *Ditylum brigwellii*, *Gramatophora serpentina*, *Pinularia longipis*, *P. rigidum*, *Dinophysis caudata*, *D. acuminata*. *Goniaulax polyedra*, *G. spenifera* *Gymnodinium aquile*, *Peridinium brevipes*, *P. depressum*. Остальные виды наблюдались в планктоне с мая по август.

Биомасса планктона отличалась неоднородным пространственным распределением. Максимальные значения биомассы и численности водорослей отмечались южнее Аше и севернее Озереевки (табл.1).

Таблица 1

Среднегодовое распределение численности (в числителе, млн.кл./м³) и биомассы (в знаменателе, мг/м³) фитопланктона восточной части Черного моря в летний период

Полигоны	Глубина, м			Среднее
	0	20	40	
Мацеста	<u>558,4</u>	<u>185,4</u>	<u>48,0</u>	<u>297,9</u>
	2210,2	397,7	145,0	917,6
Головинка	<u>179,3</u>	<u>162,9</u>	<u>130,5</u>	<u>157,5</u>
	631,6	341,2	426,5	466,4
Аше	<u>235,2</u>	<u>66,2</u>	<u>249,7</u>	<u>187,7</u>
	860,1	186,4	624,7	557,1
Магри	<u>125,9</u>	<u>121,8</u>	—	<u>123,8</u>
	657,6	346,2		501,9
Новомихайловский	<u>156,0</u>	<u>249,8</u>	<u>114,0</u>	<u>173,3</u>
	685,6	585,8	412,9	561,4
Бухта Инал	<u>167,1</u>	<u>302,4</u>	<u>264,5</u>	<u>244,6</u>
	693,8	1099,9	650,3	814,6
Озереевка	<u>956,8</u>	<u>545,4</u>	—	<u>751,1</u>
	679,3	839,1		759,2
Б. Утриш	<u>615,5</u>	<u>553,7</u>	<u>152,2</u>	<u>440,5</u>
	752,0	481,1	477,0	570,0

В мае самые высокие показатели биомассы наблюдались в районе банки Мария Магдалина и мыс Железный Рог, где немаловажную роль по-

видимому играет вынос в Черное море азовоморских вод, богатых биогенными элементами. Для района Аше - Новомихайловка характерны более низкие величины биомассы и численности микроводорослей. В формировании продуктивности вод южных полигонов большую роль играет речной сток. В августе биомасса планктона в районе Мацесты на поверхности достигает более 3 г/м^3 .

Таблица 2

Среднегодовое распределение численности (в числителе, млн.кл./м³) и биомассы (в знаменателе, мг/м³) фитопланктона в восточной части Черного моря в весенний период

Полигоны	Глубина, м			Среднее
	0	20	40	
Адлер	<u>82,5</u>	<u>271,4</u>	<u>449,6</u>	<u>147,9</u>
	317,4	420,2	351,5	287,7
Головинка	<u>251,7</u>	-	<u>199,7</u>	<u>157,6</u>
	207,1		170,3	322,1
Аше	<u>75,8</u>	-	<u>509,7</u>	<u>187,9</u>
	163,4		328,8	279,9
Магри	<u>275,3</u>	-	<u>283,2</u>	<u>181,8</u>
	328,9		391,1	207,5
Новомихайловский	<u>467,8</u>	-	<u>166,4</u>	-
	566,9		184,3	
Бухта Инал	<u>918,8</u>	-	<u>768,8</u>	<u>438,8</u>
	578,8		428,2	238,2
Озереевка	<u>746,7</u>	-	<u>476,6</u>	<u>78,7</u>
	1090,0		299,8	137,0
Утриш	<u>188,6</u>	-	<u>865,9</u>	
	884,0		503,4	
Анапа, банка Марии Магдалины	<u>1954,9</u>	-	<u>607,7</u>	<u>180,4</u>
	1130,4		495,3	475,5
Мыс Железный рог	<u>409,4</u>	-	<u>1413,4</u>	<u>782,2</u>
	674,0		856,5	1076,7

В мае максимальная численность токсичной водоросли рода *Dunophysis* не превышала 1800 кл/м^3 в районе мыса Железный Рог. В августе наиболее высокая численность этого вида на свале глубин в районе мыса Утриш (ст.2) - 2000 кл/м^3 и в районе Новомихайловки (ст.1), где численность водорослей

составляла 2800 и 2400 кл/м³ (горизонты 0 и 20 м соответственно). На полигоне Мацеста, где отмечалось летнее “цветение” динофлагеллят, численность этого вида не превышала 1200 кл/м³. Основные количественные показатели фитопланктона в весенний период представлены в табл.2.

Зоопланктон. Наиболее массовыми видами в зоопланктоне в период 2010-2012 гг. были *Acartia clausi*, *Oithona similis* (присутствовали практически все возрастные стадии) (табл. 3). Характерной особенностью весеннего периода является наличие большого количества личинок различных планктеров - *Balanus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Mytilus* и др.

Таблица 3

Видовой состав зоопланктона на различных полигонах и станциях восточной части Черного моря

Полигон	Мацеста			Головинка			Аше		Магри		Новомихайловский			Бухта Инал		Анапа				
	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	3	4	
Виды:																				
<i>Acartia</i> O	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>clausi</i> O	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
III	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
IV	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
V																				

Но наибольшее развитие в весенний период получает *Noctiluca miliaris*. Ее биомасса на всех полигонах восточного шельфа в несколько раз превышала биомассу отдельных планктеров. Летом видовой состав зоопланктона значительно изменяется. Доминирование копепод сменяется массовым развитием видов группы Cladocera - *Evadne spiniphora*, *Penilia*, *Pleopis tergestina* и др. Биомасса клadoцер значительно превышает биомассу отдельных групп на фоне минимального развития ноктилюки.

Бентос и промысловые моллюски. Исследования макрозообентоса показали, что наиболее часто встречаемыми видами на восточном шельфе Черного моря являются *Spisula subtruncata* (численность - 80 экз./м²; биомасса -

48 г/м²) и *Chamelea gallina* (численность - 30 экз./м²; биомасса – 43,5 г/м²) [1]. Реже встречаются *Pitar rudis*, *Nephtis hombergii*, *Abra ovata*, *Amphiura stepanovii*. В районе Утриша доминирующими видами являются *Spisula subtruncata*, *Mytilus galloprovincialis*, *Caliptreae chinensis*. В незначительных количествах встречаются *Abra ovata*, *Polititapes petalina*, *Amphiura stepanovii*, *Nereis diversicolor*, *Mellina palmata*, *Ascidiella aspersa*.

В июле-августе 2014 г. авторами были выполнены работы по предварительной оценке ареала обитания промысловых моллюсков на участке шельфа Адлер - Озереевка. За период работ в обследуемом районе практически повсеместно были отмечены естественные поселения донной мидии. На участках Дагомыс-Сочи наибольшие уловы мидии отмечались на глубинах 50-55 метров. В скоплениях мидий 75 % особей были представлены моллюсками до 40 мм длиной. Модальные размеры вариационного ряда находились в пределах 20-50 мм, возраст крупных особей (50-70 мм) - в пределах 3+ - 4+. На глубинах 55-75 м популяция мидий была представлена особями с длиной створки до 25 мм, из них основная масса мидий (89,3%) имела длину створки 5-13 мм.

На глубинах 30-35 метров концентрация мидий в донных поселениях была на 1-2 порядка ниже, на этих глубинах преобладала рапана, средняя плотность которой составляла 0,192 экз./м². В уловах максимальная длина особей достигала 100 мм. Модальные размеры рапаны в вариационном ряду составляли 40-90 мм.

Кроме рапаны в уловах трала и драги на глубинах 10-35 м практически повсеместно от Адлера до мыса Железный Рог встречалась кунearка, концентрация которой в районах Сочи-Магри в среднем составляет 0,015 экз./м². Пустые створки кунearки в отдельных районах достигали 97,3 % (пустые створки учитывались отдельно). Размеры кунearки в районе Сочи-Озереевка колебались в пределах 20-60 мм.

Искусственное выращивание мидий на коллекторах позволяет сконцентрировать моллюсков до плотности, превышающей естественные поселения в несколько раз. Размерный ряд выращиваемых мидий на коллекторах изменяется в процессе ее роста более равномерно и может искусственно регулироваться за счет выборочного снятия с коллекторов товарной мидии. Длина створок коллекторной мидии в районе Аше-Магри, в августе 2010 г. в среднем составляла 36,6 мм, при этом доля молоди весеннего оседания по численности в процентном отношении достигала 98,7%.

Особенности питания культивируемых моллюсков. Мидии питаются в основном детритом и протистами (диатомовыми, перидиниями), хотя в составе их пищи встречаются одноклеточные организмы, мелкие беспозвоночные. В желудках мидий *M. galloprovincialis* обнаружено 48 видов планктонных водорослей, среди которых 41 вид был представлен диатомовыми. Все встреченные виды водорослей имели округлую или овальную форму. Их размеры колебались от 20 до 90 мкм. Значительную часть кишечника мидий занимал детрит. В качестве второстепенной пищи использовались мелкие беспозвоночные, их личинки, яйца, простейшие. Таким образом, в период цветения фитопланктона основной пищей мидий являются водоросли, которые необходимы им для нормального развития. Наиболее эффективно мидии задерживают частицы размером 2-3 мкм.

3. Факторы, ограничивающие воспроизводство мидии и развитие марикультуры в российской части Черного моря

Факторами, ограничивающими воспроизводство моллюсков и развитие марикультуры, являются загрязнение, а также гидродинамические условия в отдельных зонах моря, и орография дна [3].

Из большого числа загрязнений тяжелые металлы (ТМ), нефть и её производные – самые опасные. По исследованиям, проведенным весной-летом 2012-2014 гг., содержание нефтяных углеводородов превышало предельно

допустимую концентрацию (ПДК) в районе Тамань-Новороссийск (0,06 мг/л) и в районе порта Туапсе (0,08 мг/л), причем область загрязнения распространялась вдоль берега на 10-15 миль как на север, так и на юг. В мористой части (10 миль от берега) содержание нефтепродуктов находилось ниже ПДК и составляло 0,03 мг/л.

По среднемноголетним наблюдениям можно сделать также вывод о максимальном накоплении нефтяных углеводородов (НУ) в воде в летний период вследствие слабого перемешивания в районах активного судоходства, портов Туапсе, Новороссийск, Анапа, и якорных стоянок.

Хлорорганические пестициды (ХОП) при проведении работ в восточной части Черного моря были обнаружены в районе Туапсе: концентрация ДДТ там составляла около 10 нг/л. На остальных акваториях концентрация ДДТ не превышала 0,1 нг/л.

В результате естественного цикла жизни мидий-фильтраторов на искусственных субстратах происходит накопление ими загрязненных компонентов [10]. Например, накопление ХОП в клетках фитопланктона, которыми питаются мидии, может превышать в 10^5 - 10^6 раз их уровень в воде. Одна особь мидии размером 4,5 см пропускает через себя около 100 литров воды в сутки. Установка производительностью 50 тонн в год отфильтровывает 1 км^3 воды в год, при этом мидии извлекают до 1,7 тыс. тонн фитопланктона, усваивая его на 80 - 90%, утилизируя, таким образом, химические соединения, в т.ч. и загрязнения. Как показали исследования, накопление в мягких тканях и створке мидии тяжелых металлов (Pb, Cu, Ni, Co, Mn, Cr, Zn) особенно интенсивно идет в первый год жизни [10].

Как известно, повышенное содержание тяжелых металлов приурочено обычно к предустьевым участкам рек, местам сбросов сточных вод [9]. В весенне-летний период, по многолетним данным, содержание меди менялось от 5-9 мкг/л в придонном слое в районе Анапы, до 66 мкг/л в поверхностном слое в районе Новороссийска и Туапсе, содержание свинца - от 3 до 9 мкг/л в

целом по побережью, за исключением районов Новороссийска и Туапсе, где оно достигало 69 мкг/л. По кадмию превышения ПДК не зафиксировано, наблюдалось некоторое увеличение его концентрации в районе Новороссийска в поверхностном слое. Содержание ртути и железа не превышало ПДК во всей прибрежной зоне. ПДК по цинку были превышены в 1,5 раза в среднем по российской части Черного моря, и до 30 раз в районах городов Новороссийск, Геленджик, Туапсе. Ниже ПДК концентрация цинка наблюдалась только у мыса Железный Рог.

Таким образом, в результате исследований были определены устойчиво чистые акватории, участки с переменным режимом загрязнения и устойчиво загрязненные акватории.

Эпизоотии черноморской мидии. Для оценки эпизоотической ситуации были проведены паразитологические исследования мидий различных размерно-возрастных групп из донных поселений, обрастаний скал и гидротехнических сооружений, а также моллюсков, выращенных на коллекторах в северо-восточной части Черного моря.

Фауну паразитов и комменсалов мидий изучали методом полного и частичного паразитологического вскрытия. С целью выявления моллюсков-хозяев грегариин кроме мидий на наличие этого паразита дополнительно были исследованы: плоские европейские устрицы, спизулы, хамелея и вселенец в Черное море - кунсарка.

В мидиях из донных поселений и обрастании гидротехнических сооружений в районе мыса Б. Утриш были обнаружены следующие паразитологические, комменсальные и свободноживущие организмы: грегарины *Nematopsis legeri*, инфузории (*Ancistrum mytili*, *Peniculistoma mytili*), турбеллярии *Urastoma mytili*, нематоды и копеподы.

Группа перфораторов раковин моллюсков в сборах представлена лишь сверлящей губкой клионой, хотя ранее (1986-1989 гг.) у мидий в этом районе

были описаны [9] еще три вида сверлильщиков (полихета *Polydora oiliata* и двустворчатые моллюски *Petricola lithophaga* и *Gastrochaena dubia*).

Наибольшую опасность для мидий в районе мыса Б. Утриш – Ю. Озеревка представляют грегарины, которые являются возбудителями заболевания, получившего название нематопсиоз. Негативное влияние на мидий при массовой инвазии могут оказывать и турбеллярии.

Кроме мидий грегарины найдены нами также в устрицах и впервые для Черного моря в хамелеи - одном из наиболее массовых видов двустворчатых моллюсков у берегов Кавказа. Таким образом, очаг нематопсиоза может быть спровоцирован и другими видами двустворчатых моллюсков и в тех районах, где поселения мидий отсутствуют.

Проведенные нами исследования выявили сходство паразитофауны между мидиями естественных поселений и моллюсками, выращиваемыми в толще воды на коллекторах. Исключение составляет лишь отсутствие у культивируемых мидий сверлящей губки клионы.

В коллекторных мидиях (сеголетки, годовики) в районе Головинка-Адлер обнаружены только инфузории и копеподы, что, возможно, связано с отсутствием в этом районе крупных поселений мидий, являющихся важнейшим фактором формирования паразитоценоза культивируемых моллюсков.

В целом районы восточной части Черного моря в настоящее время могут быть отнесены к наиболее благополучным по эпизоотической обстановке. Вместе с тем, наряду с организацией постоянного паразитологического контроля в районах размещения мидийных плантаций у берегов Кавказа, особое внимание следует уделить исследованиям в области экологии и патогенеза грегаринов – самого массового у берегов Крыма и Кавказа паразита мидий и устриц.

Заключение

Обоснование размещения марихозяйств в восточной части Черного моря должно основываться на анализе соответствия современной экологической обстановки условиям выращивания мидий.

Проведенные исследования показали, что климатические условия восточной части Черного моря в целом благоприятствуют размещению морских ферм. По температурному и соленостному режимам, токсикологическим условиям и кормовой базе были выделены районы, наиболее пригодные для размещения модульных мидийных хозяйств мощностью от 100 до 200 тонн в год. К ним относятся прибрежные воды в районах Тамани, Б. Утриша, М. Утриша, бухты Инал, пп. Новомихайловский, Небуг, Магри, Аше, Головинка, г. Адлер. Отсутствие концентрированных стоков загрязняющих веществ, высокая кормность района, наличие естественных поселений мидий, высокое содержание в планктоне личинок мидии делают эти районы привлекательными для целей промышленной марикультуры.

Как правило, в восточной части Черного моря четко выделяются два пика нереста мидий, в феврале-марте и апреле-мае, с максимумами в конце февраля и середине апреля - начале мая. Наблюдается перенос течением личинок мидии из районов расположенных восточнее (Адлер, Магри, Небуг,) в западные (Бухта Инал, Б.Утриш, Тамань).

Проведенное районирование прибрежной зоны восточной части Черного моря по содержанию загрязняющих веществ позволило выделить районы, в которых нежелательно размещать мидийные плантации для получения пищевой продукции (районы близкие к портам Сочи, Туапсе, Новороссийска, Анапы) в связи с высоким уровнем загрязнения. Ограничивающим фактором для размещения ферм в прибрежной зоне также является сток рек с неравномерным паводком и наличием селевых потоков. Однако его воздействие (распреснение, повышенное содержание взвесей, загрязнение селевыми зал-

повыми сбросами) ограничивается очень узкой прибрежной полосой и не затрагивает зону, расположенную за пределами 0,5 миль от берега.

При создании товарных хозяйств рекомендуется предусмотреть проведение экологического мониторинга и контроля, которые позволят отслеживать и минимизировать неблагоприятные для процесса выращивания факторы: эвтрофирование, загрязнение в т.ч. микробиологическое, другие природные и антропогенные процессы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Р.П., Синегуб И.А. Микрзообентос и донные биоценозы Черного моря на шельфах Кавказа, Крыма и Болгарии // Экология прибрежной зоны Черного моря. -М.: ВНИРО, 1992. - С. 218-234.
2. Вишневецкий С.Л., Коваленко Ю.И., Петрашов В.И. и др. Некоторые аспекты выращивания мидий в Азово-Черноморском районе // Тез. докл. Первой междунар. конф. «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». - М., 2002. – С. 7.
3. Елецкий Б.Д. Концепция сохранения и использования запасов двусторчатых моллюсков мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. в восточной части Черного моря: диссертация ... доктора биологических наук: 03.00.32, 03.00.23.- Краснодар, 2006.- 491 с.
4. Елецкий Б.Д., Коновалов С.К., Лукьянова А.Н. Гидрохимические особенности прибрежной зоны Черного моря // Экология прибрежной зоны Черного моря. - М.:ВНИРО, 1992. - С. 42-59.
5. Елецкий Б.Д., Нагалецкий Ю.Я., Тюрин В.Н. Географические аспекты развития промышленной марикультуры в российской части Черного моря // География Краснодарского края. – Краснодар. - 1994.- С. 199-207.
6. Елецкий Б.Д., Ткаченко Ю.Ю., Козлов Ю.И. и др. Атлас карт распределения океанологических параметров в прибрежной зоне восточной части Черного моря. - Краснодар: Агропромполиграфист, 1991. -150 с.
7. Елецкий Ю.Б., Наумов А.В. Основные экономические показатели воспроизводства и товарного выращивания мидий в российской части Черного моря // Наука Кубани. - Краснодар – 2000. -№ 6.
8. Иванов В.Н., Холодов В.И., Сеничева М.И. и др. Биология культивируемых мидий. - Киев: Наукова думка, 1989.-106 с.
9. Петрашов В.И., Вишневецкий С.Л., Яхонтова И.В. и др. Культивирование мидий на Черноморском побережье России: опыт проблемы, перспективы // Прибрежное рыболовство и аквакультура. Аналитическая и реферативная информация. – М: ВНИЭРХ, 2004. - С 20-39.

10. Петрашов В.И., Елецкий Ю.Б., Крючков В.Г. Экологическая функция моллюсков культивируемых на искусственных носителях // Наука Кубани. – Краснодар, 2000. - №7.
11. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. – Рим: Департамент рыболовства и аквакультуры ФАО, 2010. – 246 с.
12. Стратегия развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 года. – М.: Минсельхоз РФ, 2007. [Электронный ресурс] URL: www.mcx.ru / Новые документы.

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ ДОННЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ И БИОТЫ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

А.А. Курапов¹, В.Б. Ушивцев¹, Н.Б. Водовский¹, Е.В. Колмыков²

¹Каспийский филиал ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» РАН, г. Астрахань, ул. Савушкина 6, офис 5, e-mail: caspy@bk.ru

²ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть», г. Астрахань, ул. Адмиралтейская, 1/2

Ключевые слова: Северный Каспий; морская среда; морская биота; видовой состав; мониторинг загрязнения; донные станции.

Keywords: Northern Caspian; marine environment; marine biota; species composition; marine pollution monitoring; bottom sampling device.

Abstract

This paper presents an approach to monitoring of the state and pollution of the environment and biota in the Northern Caspian by means of bottom sampling devices installed at the sea floor and playing as submerged artificial reefs. The most suitable shape and construction of the device is described. The choice of the most relevant species to monitor the changes in the environment and biotic communities is justified. The authors argue that the analysis of the species composition at and around these sampling devices provides important information to assess the state and pollution of the marine environment.

Введение

Деятельность нефтегазодобывающих компаний на шельфе морей предусматривает строительство поисково-разведочных, эксплуатационных скважин, стационарных платформ, трубопроводов и прочих сооружений,