

УДК 639.2/3+628.394.6

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАСШИРЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА И ТОВАРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ МИДИЙ В ЧЕРНОМ МОРЕ¹

*Елецкий Б. Д.*²

ECOLOGICAL SUBSTANTIATION OF REPRODUCTION AND COMMERCIAL CULTIVATION OF MUSSELS IN THE EASTERN PART OF THE BLACK SEA

Elezkiy B. D.

For the coastal zone of the eastern part of the Black Sea the results of research into hydrodynamical and ecological conditions are given. These results are used to substantiate the location of hydrobiotechnical constructions (НВТС) for the reproduction and commercial cultivation of mussels.

В настоящее время около 25 % мирового объема сырья морского происхождения получают за счет марикультуры — культивируемых ценных видов рыб, беспозвоночных и водорослей. Интенсивное развитие марикультуры в мире обусловлено рядом факторов, к которым, в первую очередь, можно отнести: большое разнообразие объектов культивирования с высокими пищевыми, профилактическими и лечебными свойствами; контролируемость качества продукции, круглогодичное устойчивое получение сырья высокого качества в нужные сроки; относительно малая потребность в пресной воде, земельных, топливно-энергетических ресурсах; возможность получения экологически чистой продукции; сравнительно высокая (2–3 года) окупаемость капиталовложений. Темпы наращивания объемов культивирования морских объектов во многих странах мира значительно возросли в последние годы. По оценкам экспертов Всемирной Продовольственной Комиссии (ФАО) доля марикультуры в мировой продукции рыболовства достигла 25 % объема и 50 % стоимости. Развитие этого направления в большинстве стран мира осуществляется на уровне национальных программ и базируется на значительных государственных инвестициях.

Россия занимает последнее место в мире по масштабам промышленной марикультуры,

при том, что потенциальные возможности (по оценкам экспертов) составляют 1–2 млн т/год.

Трудности переходного периода после распада СССР — старение флота, раздел прибрежных регионов между вновь независимыми образованными государствами СНГ, а также изменения в состоянии морской среды и биоты, уменьшили добычу рыбы и нерыбных объектов в Черном море. Это усилило интерес к сравнительно новой для России подотрасли рыбного хозяйства — морской аквакультуре (марикультуре). Российская зона побережья Черного моря является одной из наиболее благоприятных по климатическим, производственным факторам. Широкий спектр возможного видового разнообразия культивируемых объектов: рыбы (камбала-калкан, кефалевые, лососевые, осетровые); моллюски (мидии, устрицы); водоросли (зоостера).

Из всех объектов марикультуры наиболее перспективен для Черного моря моллюск мидия *Mytilus galloprovincialis*. Именно мидии составляют более 25 % мирового объема марикультуры моллюсков, годовая продукция их достигает 1 млн т.

Культивирование моллюсков в Черном море имеет 3 важных аспекта:

1. Разработка биоресурса, возобновляемого в контролируемых объемах; получение новой, качественной пищевой, кормовой, медицинской и технической продукции.

¹Работа выполнена при поддержке РФФИ (98-04-03641).

²Елецкий Борис Дмитриевич, канд. геогр. наук, главный эколог ООО «Нефтяная компания «Приазовнефть»».

2. Улучшение экологических условий в прибрежной зоне за счет увеличения количества фильтраторов, улучшения кислородного баланса, активизации процессов самоочищения, деэвтрофирования прибрежных вод путем изъятия части производимой органической продукции.

3. Увеличение масштабов воспроизводства и запасов ценных рыбных и нерыбных объектов и поддержание биоразнообразия в Черном море.

1. Гидрологические, гидрохимические и гидробиологические условия восточной части Черного моря

Гидрологические, гидрохимические и гидробиологические условия восточной части Черного моря позволяют успешно выращивать мидий до товарного размера за полтора года [1]. После многолетних наших исследований определено достаточно большое количество прибрежных районов, подходящих для создания мидийных плантаций в промышленных масштабах (рис. 1). Этому способствует наличие необходимых условий: морфологические особенности шельфа, глубин (до 25 м), соответствующих течений, а также отсутствие ледостава зимой.

Общая схема циркуляции водных масс в восточной части Черного моря зависит от размеров, формы, глубины, характера подводного рельефа и конфигурации береговой линии. Наиболее широкая часть шельфа у Анапы, здесь он простирается фактически до Крымского берега, образуя так называемое Керченское предпроливное пространство. Но уже у мыса Утриш ширина шельфа, если считать по нормали к берегу от изобаты 200 м, уменьшается до 15 км (8 миль) и далее, имея генеральное направление на юго-восток, ширина шельфа колеблется в следующих пределах: у мыса Дооб — 9 км, в районе Геленджика — 9–10 км, Джубга–Туапсе — 13 км. Несколько южнее п. Лазаревского ширина шельфа уменьшается до 3–4 км, в районе Сочи — 11 км, а в районе мыса Пицунда почти совсем исчезает (ширина 1–1,5 км).

В Черном море имеются все известные виды морских течений. Кавказская ветвь Кольцевого циклонического течения (КЦТ), ранее называвшегося Основным Черноморским течением (ОЧТ) с генеральным направлением на северо-запад проходит вдоль всего чер-

номорского побережья от Адлера до Анапы, обгибая эти берега по границе шельфовой зоны (изобата 200 м) (рис. 2).

Ширина КЦТ колеблется в пределах 50–60 км. Средние направления и скорость КЦТ по сезонам и за год для восточной периферии приведены в табл. 1.

Основными факторами функционирования марихозяйства в прибрежной зоне, обеспечивающими приток питательных солей, и таким образом, кормность полигона (участка), принос и оседание личинок моллюсков, а также вынос метаболитов из зон культивирования, являются течения, определяющие местную циркуляцию вод.

Результаты многолетних исследований, проводимых с 1985 года [2, 4, 5], свидетельствуют, что на периферии КЦТ формируются прибрежные антициклонические вихревые образования, смещающиеся вместе с КЦТ. Скорость их смещения ниже скорости потока — 7–10 см/с (7–10 км/сут). Центры антициклонов располагаются в зоне свала глубин. При размере вихря диаметром 40–60 км² его край проходит в 0,5–1,5 милях от берега как раз в зоне расположения мидийных коллекторов.

В этом случае интенсифицируется вдольбереговое течение (ВБТ), направленное на юго-восток (рис. 2). В зоне устьев рек в условиях интенсивного речного стока (осадки-паводок) происходит захват КЦТ «речных» вод и формирования антициклонических «блюдец» с распресненной водой, которые, как показывают исследования, проведенные в прибрежной зоне с использованием ИСЗ (рис. 3а, 3б), прокатываясь по периферии топографического антициклона, попадают в струю КЦТ (рис. 4).

«Блюдец», перемещаясь в струе КЦТ и догнав следующий вихрь, может миновать его, продолжая движение на север. В случае попадания в зону действия вихря может происходить сброс водных масс «блюдца» в прибрежную зону. Часть «блюдец», двигаясь в центре потока, достигает района Анапа–Утриш. Здесь происходит смена генерального направления КЦТ, потеря его устойчивости. В итоге практически все антициклонические «блюдца» оказываются в прибрежной зоне.

Мониторинг гидродинамической активности в прибрежной зоне приоткрыл перед нами ещё одну важную особенность — наличие прибрежных апвеллингов, спорадически возникающих в восточной части Черного моря при сменах синоптической ситуации [6–8].

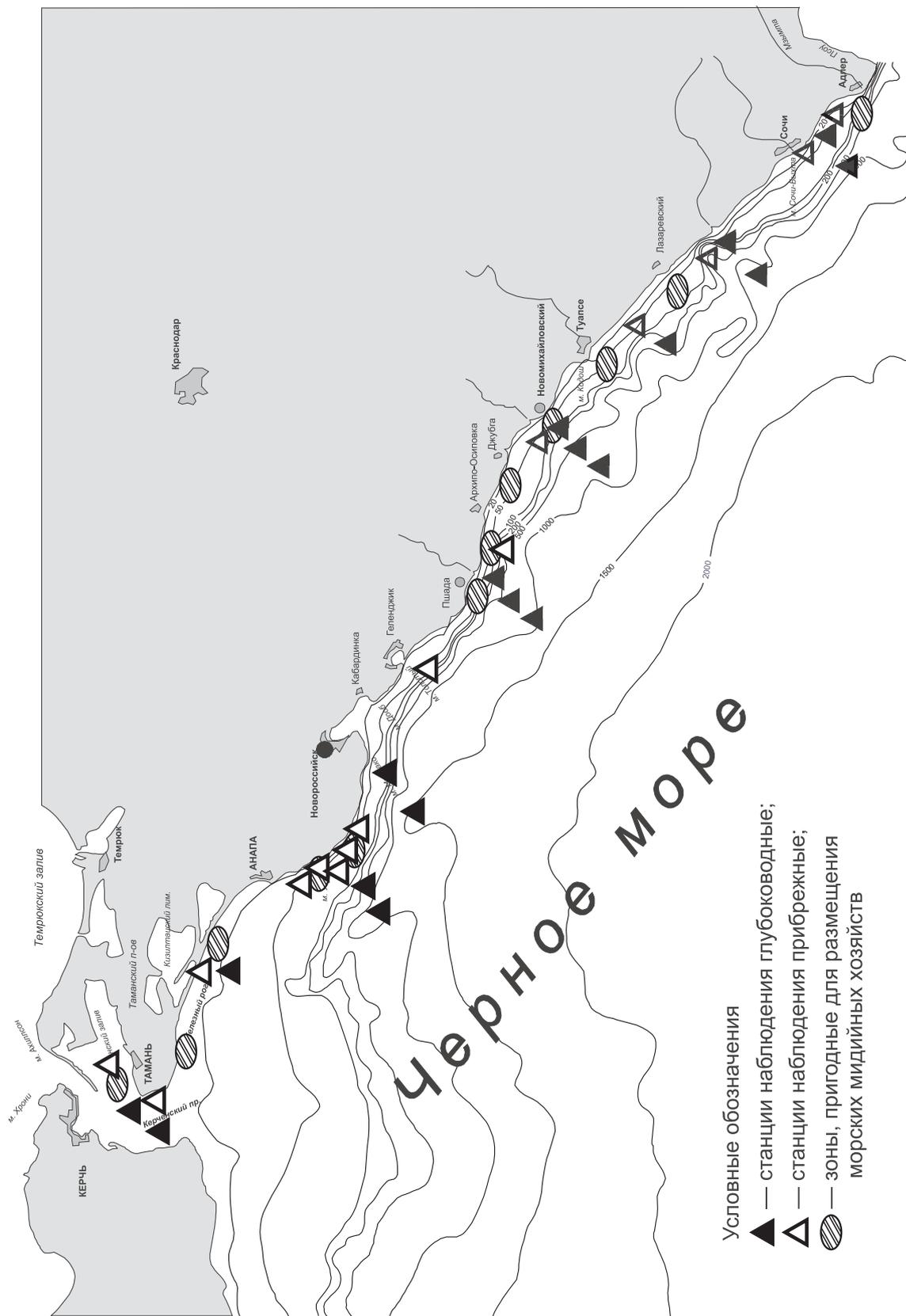


Рис. 1. Расположение акваторий, пригодных для мидийных хозяйств в прибрежной зоне восточной части Черного моря



Рис. 2. Общая схема циркуляции воды в поверхностном слое в восточной части Черного моря

Таблица 1. Средние сезонные и годовые направления (градусы) и скорости (см/с) Кольцевого циклонического течения (КЦТ) на поверхности водной толщи у берегов Кавказа (1994–2003 гг.)

Район	Сезоны				Средние за год
	весна	лето	осень	зима	
Анапа	$300^{\circ} \pm 12$ $31 \pm 0,5$	$310^{\circ} \pm 8$ $26 \pm 0,4$	$330^{\circ} \pm 16$ $31 \pm 0,6$	$290^{\circ} \pm 10$ $36 \pm 0,5$	$308^{\circ} \pm 11$ $31 \pm 0,5$
Новороссийск	$300^{\circ} \pm 11$ $31 \pm 0,4$	$280^{\circ} \pm 8$ $26 \pm 0,4$	$300^{\circ} \pm 10$ $41 \pm 0,6$	$290^{\circ} \pm 10$ $31 \pm 0,5$	$292^{\circ} \pm 10$ $31 \pm 0,5$
Геленджик	$310^{\circ} \pm 10$ $31 \pm 0,6$	$280^{\circ} \pm 12$ $26 \pm 0,4$	$290^{\circ} \pm 8$ $41 \pm 0,5$	$300^{\circ} \pm 14$ $36 \pm 0,6$	$295^{\circ} \pm 11$ $31 \pm 0,5$
Туапсе	$310^{\circ} \pm 14$ $31 \pm 0,4$	$300^{\circ} \pm 8$ $26 \pm 0,6$	$320^{\circ} \pm 12$ $41 \pm 0,6$	$330^{\circ} \pm 10$ $41 \pm 0,5$	$315^{\circ} \pm 11$ $36 \pm 0,5$
Сочи	$320^{\circ} \pm 12$ $41 \pm 0,4$	$300^{\circ} \pm 10$ $26 \pm 0,4$	$320^{\circ} \pm 11$ $41 \pm 0,3$	$330^{\circ} \pm 9$ $36 \pm 0,5$	$317^{\circ} \pm 10$ $36 \pm 0,4$

Примечание: в числителе — направление (градусы), в знаменателе — скорость (см/с)

Размещение мидийных плантаций в зоне апшвеллинга перспективно, т. к. поднимающиеся водные массы с одной стороны выносят в прибрежную зону большое количество минеральных соединений азота и фосфора, увеличивая тем самым продуктивность (кормность). С другой стороны, захватывая со дна накопившиеся продукты жизнедеятельности мидий, накапливающиеся при высоких объемах культивирования моллюсков от 200 до 500 тыс. т, они выносят их в поверхностные горизонты, где в результате интенсивного ветрового перемешивания происходит их распыление и снос дрейфовым течением на удаление из шельфовой зоны.

Интенсивная динамика водных масс в прибрежной зоне определяет мозаичность распределения океанологических характеристик и в конечном итоге продуктивность полигонов.

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 для мидии находится в пределах 15–20 ‰, она обеспечивает нормальный гаметогенез, рост, нерест, развитие и оседание личинок. Исходя из этих требований, были исследованы и картированы в восточной части Черного моря зоны — районы, подверженные постоянному распреснению, с сезонным распреснением и с незначительным распреснением речным стоком. В целом соленость не является фактором, ограничивающим воспроизводство и развитие промышленной марикультуры, т. к. зоны с оптимальной

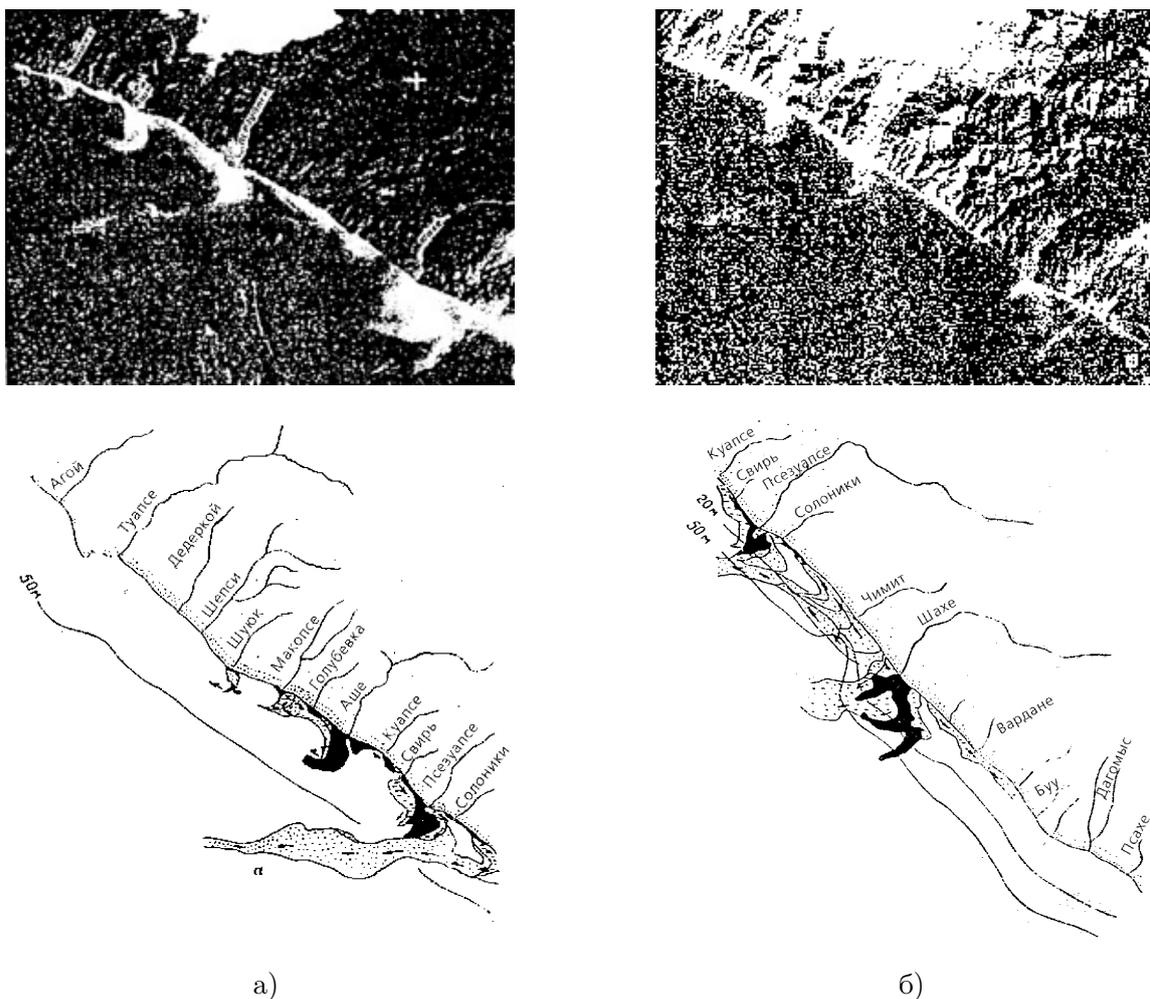


Рис. 3. Формирование антициклонических прибрежных течений и поверхностных вихрей в КЦТ: а) район Сочи, ИСЗ «К-1939», зима (0,5–0,6 мкм); б) район Сочи, ИСЗ «К-1939», зима (0,6–0,7 мкм)



Рис. 4. Схема перемещения линз распресненной воды в поверхностном слое восточной части Черного моря

соленостью занимают около 80 % прибрежной акватории.

Мидии, используя гликолиз, какое-то время могут существовать в условиях кислородного дефицита. Так, при понижении насыщения воды кислородом менее 40 %, рост мидии замедляется в 2,5 раза, а при 20 % — в 27 раз. При 10 % насыщении воды кислородом мидии не растут, оптимальное насыщение — 80 %. Многолетние исследования показали, что в прибрежной зоне восточной части Черного моря лимитирующих районов по насыщению кислородом морской воды нет.

Гидрохимические исследования в прибрежной зоне восточной части Черного моря, проводимые с 1989 г. позволяют объективно оценить уровень минерального питания фитопланктона — основного корма для моллюсков, накопление органики в тех или иных зонах, а также определить характер биогенных элементов (рециклированные, или поступающие с речным стоком). По концентрациям и качественному составу биогенные элементы (азот, фосфор, кремний) не лимитируют воспроизводство и выращивание до 20,0 тыс. т моллюсков в Российской части Черного моря [7, 8].

2. Факторы ограничивающие воспроизводство мидии и развитие марикультуры в Российской части Черного моря

Факторами, ограничивающими воспроизводство моллюсков и развитие марикультуры, являются загрязнения, а также гидродинамические условия в отдельных зонах моря и ортография дна.

Из большого числа загрязнений тяжелые металлы (ТМ), нефть и её производные — самые опасные.

Согласно исследованиям, проведенных весной-летом 2000 г., 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) и в других районах прибрежной зоны содержание нефтепродуктов находилось ниже ПДК (0,03 мг/л).

По среднегодовым наблюдениям можно сделать также вывод о максимальном накоплении нефтеуглеводородов (НУ) в воде в

летний период в районах активного судоходства, портов Туапсе, Новороссийск, Анапа и якорных стоянок.

Хлорорганические пестициды (ХОП) составляют большую группу искусственно созданных веществ, применяемых в промышленности и сельском хозяйстве. Пестициды токсичны и вызывают быстрое отравление организмов. ХОП отличаются высокой устойчивостью, благодаря чему широко распространены в море. Способность аккумулироваться в гидробионтах и передаваться по трофической цепи делает их опасными не только для отдельных групп организмов, но и для всей морской экосистемы. При проведении работ в восточной части Черного моря, ХОП были обнаружены в районе Туапсе ДДТ около 10 нг/л. На остальных акваториях концентрация ХОП в форме ДДТ не превышала 0,1 нг/л.

Накопление ХОП в клетках фитопланктона может превышать в 10^6 раз их уровня в воде, а мидии, являющиеся потребителями фитопланктона, накапливают таким образом в себе и хлорорганические пестициды.

В результате естественного цикла жизни мидий-фильтраторов на искусственных субстратах происходит концентрация ими загрязненных компонентов. При фильтрации 1 км³ воды одной установкой в год, мидии извлекают до 1,7 тыс. т фитопланктона, усваивая его на 80–90 % и утилизируя химические соединения, в т. ч. и загрязнения (табл. 2). 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 (табл. 2).

Повышенное содержание тяжелых металлов приурочено обычно к предустьевым участкам рек, местам сбросов сточных вод. В количественном отношении ряд тяжелых металлов по убывающей концентрации в донных отложениях восточной части Черного моря выглядит следующим образом: Cr – Zn – Cu – Pb – Co – Hg.

По многолетним данным в весенне-летний период содержание ТМ (кроме цинка) в целом по прибрежной части моря находится в пределах ПДК: медь — от 5–9 мкг/л в придонном слое в районе Анапы, до 66 мкг/л в поверхностном слое в районе Новороссийска и Туапсе. Свинец — от 3 до 9 мкг/л в целом по побережью за исключением районов Новороссийска и Туапсе — до 69 мкг/л с переносом до 30 миль как в северном, так и в южном направлениях. По кадмию превышения ПДК не зафик-

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в теле и створке мидий (% сухого веса)

возраст, лет	средн дл. створок, мм	Pb × 10 ⁻³		Cu × 10 ⁻³		Ni × 10 ⁻³		Co × 10 ⁻³		Mn × 10 ⁻³		Cr × 10 ⁻³		Zn × 10 ⁻³	
		тело	створка												
Естественный биоценоз, Керченский пролив															
1	35,8	0,6	0,7	1,8	1,8	1,4	1,1	0,3	0,3	6,3	4,6	1,4	1,5	9,4	след
2,5	66,0	0,7	0,3	0,3	2,0	3,0	0,7	0,7	след	10	2,0	3,0	след	10	след
Естественный биоценоз, м. Большой Утриш															
2	56,3	0,4	1,2	1,7	1,0	0,7	0,4	0,17	0,3	3,7	3,0	0,6	1,3	10,7	11,7
8	104,0	0,5	1,5	2,0	1,5	1,5	0,5	след	0,5	3,0	5,0	0,5	1,0	15,0	7,0
Искусственный носитель в толще воды, м. Большой Утриш															
2	62,0	0,4	0,85	1,5	1,25	1,25	0,45	0,5	0,25	6,0	4,0	0,7	1,5	6,5	5,0
8	99,0	0,9	0,7	1,75	1,5	1,5	0,65	0,35	0,5	2,5	3,0	0,6	2,0	7,5	след

сировано, наблюдалось некоторое увеличение его концентрации в районе Новороссийска на горизонте 0 м. Содержание ртути и железа не превысило ПДК во всей прибрежной зоне. Уровни ПДК по цинку превышены в 1,5 раза в целом по Российской части Черного моря и до 30 раз в районах Новороссийск, Геленджик, Туапсе; ниже ПДК цинк наблюдался у мыса Железный Рог.

Таким образом, в результате исследований были определены устойчиво загрязненные акватории, а также участки с переменным режимом загрязнения и устойчиво чистые акватории, на которых возможна организация хозяйств по воспроизводству и культивированию моллюсков для различных целей: пищевого применения, медицинской и лечебно-профилактической продукции, кормовой продукции для животноводства.

3. Заключение

Экологические условия Черноморского побережья России соответствуют задачам промышленной марикультуры мидий и позволяют выращивать до 20 тыс. т моллюсков в год.

Для поддержания экологически безопасного режима хозяйствования в прибрежной зоне Черного моря и сохранения рекреационных свойств морской среды при усиливающемся антропогенном прессинге также необходимо развитие марикультуры.

Воспроизводство и товарное выращивание мидий на искусственных гидробиотехнических сооружениях является тем защитным барьером, который поможет морской среде

очиститься от промышленных выбросов, защитить чистые акватории.

Литература

1. Иванов В. Н., Холодов В. И., Сеничева М. И., Пиркова А. В., Булатов К. В. Биология культивируемых мидий. Киев: Наукова думка, 1989. 106 с.
2. Елецкий Б. Д., Сапожников В. В., Аржанова Н. В., Зубаревич В. Л. и др. Влияние прибрежного апвеллинга на изменение гидрохимических условий. Продукционно-деструкционные процессы // Доклады Международного симпозиума по современным проблемам марикультуры в социалистических странах. Анапа, Б. Утриш, 1989. С. 73–78.
3. Елецкий Б. Д. и др. Экологическое обоснование для размещения марихозяйств в прибрежной зоне восточной части Черного моря // Научный отчет. Фондовые материалы. КрасНИИРХ. Краснодар, 1990. 186 с.
4. Елецкий Б. Д., Губанов В. В., Шурова Н. М. Изучение состояния поселений мидий и оценка эпизоотологической ситуации в северо-восточной части Черного моря // Научный отчет. Фондовые материалы. ООО «Марипоиск». Краснодар, 1991. 235 с.
5. Елецкий Б. Д., Хосроев В. В. Антропогенное загрязнение прибрежной зоны Черного моря летом 1989 г. Экология прибрежной зоны Черного моря. М.: ВНИРО, 1992. С. 103–105.
6. Елецкий Б. Д., Ткаченко Ю. Ю., Руднев Г. В. Использование космических методов для исследования динамики шельфа восточной части Черного моря. Экология прибрежной зоны Черного моря. М.: ВНИРО, 1992. С. 115–121.
7. Елецкий Б. Д., Коновалов С. К., Лукьянова А. Н. Гидрохимические особенности прибрежной зоны Черного моря. Экология прибрежной зоны Черного моря. М.: ВНИРО, 1992. С. 78–85.

8. *Елецкий Б. Д., Ткаченко Ю. Ю. и др.* Атлас карт распределения океанологических параметров в прибрежной зоне восточной части Черного моря. Краснодар: Агропромполиграфист. 1991. 150 с.
-

Статья поступила 12 октября 2005 г.

ООО «Нефтяная компания «Приазовнефть»», г. Краснодар

© Елецкий Б. Д., 2006