

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ ИМ. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

38

1991

1. Витюк Д. М. Взвешенное вещество и его биогенные компоненты. — Киев: Наук. думка, 1983. — 209 с.
2. Горбенко Ю. А. Микробиоценоотическое образование взвеси морскими микроорганизмами // Изв. АН СССР. Сер. биол. — 1986. — № 4. — С. 505—515.
3. Парчевская Д. С. Статистика для радиоэкологов. — Киев: Наук. думка, 1969. — 115 с.
4. Петипа Т. С. Трофодинамика копепод в морских планктонных сообществах. — Киев: Наук. думка, 1981. — 240 с.
5. Романкевич Е. А. Геохимия органического вещества в океане. — М.: Наука, 1977. — 253 с.
6. Старикова Н. Д., Яблокова О. Г. Углеводы в Черном море // Океанология. — 1972. — 12, вып. 3. — С. 431—436.
7. Секи Х. Органические вещества в водных экосистемах. — Л.: Гидрометеониздат, 1986. — 200 с.
8. Цымбал И. М., Копытов Ю. П., Дивавин И. А. Пространственное и вертикальное распределение органического вещества в отдельных районах Черного и Эгейского морей // Экология моря. — 1990. — Вып. 34. — С. 41—45.
9. Lowry O. H., Rosenbrougn N. J., Farr G. A., Randall R. J. Protein measurement with the folin reagents // J. Biol. Chem. — 1951. — 139, N 1. — P. 138—142.
10. Trevelayn W. E., Harrison J. Z. Fractionation and microdetermination of cell carbohydrates // J. Biochem. — 1952. — 50, N 1. — P. 3—7.

Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского
АН УССР, Севастополь

Получено 25.07.89

A. N. BOBKOVA

SEASONAL DYNAMICS OF BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE BLACK SEA SUSPENSION

Summary

Seasonal dynamics of organic substance, protein and carbohydrates content was determined for 10 days in the suspended substance accumulated in the vessel. Quantitative characteristics of these indices are given, close correlation, stability of relations between them are registered. The equations of linear regression are calculated. On the basis of the obtained results a conclusion is made on functioning of the studied suspended substance as the system balanced according to main biochemical indices. Availability of certain amount of dead organic substance is necessary for initial stages of the system formation in the environment.

УДК 574.4:504.05:551.46 (262.5)

Д. Я. ФАЩУК, Э. З. САМЫШЕВ, Л. К. СЕБАХ, В. А. ШЛЯХОВ

ФОРМЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ ЧЕРНОГО МОРЯ И ЕЕ СОСТОЯНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Оценивается комплекс причинно-следственных связей в системе человек (хозяйственная деятельность) — Черное море (условия среды, жизнь). Анализируются последствия эвтрофирования, нефтяного и химического загрязнения стока рек, его регулирования и перераспределения, дампинга, донного тралового промысла рыб для состояния условий среды и жизнедеятельности организмов в водоеме. Показаны механизмы передачи влияния антропогенных нагрузок на жизнь путем изменения условий среды. Антропогенные изменения происходят на фоне естественно-климатических колебаний режима моря, что затрудняет оценку последствий и выяснение тенденций развития процессов. После анализа биологических особенностей основных промысловых объектов моря выполнено экологическое районирование водоема, позволившее выявить роль наблюдающихся изменений среды в жизнедеятельности промысловых объектов (характер поведения, продуктивность, динамика численности).

Обсуждая вопросы влияния хозяйственной деятельности на экосистему Черного моря, мы в первую очередь обращаем внимание на нефтяное и химическое загрязнение. Действительно, по нашим оценкам, с речными водами сюда ежегодно поступает 4—5 км³ сточных вод, т. е. 4% суммарного стока рек. В них содержится 400 тыс. т биогенных ве-

© Д. Я. Фашук, Э. З. Самышев, Л. К. Себах, В. А. Шляхов, 1991

ществ, 2 млн т органики, 410 тыс. т нефтепродуктов, 20 тыс. т детергентов, 700 т летучих фенолов, 8 т гексахлорциклогексана. Причем концентрации солей азота и фосфора за последние 10 лет по сравнению с 1948—1959 гг. в водах Дуная возросли соответственно в 6 и 3 раза, а в водах Днепра — в 2 и 6 раз [7]. Например, со стоком Дуная (по нашим расчетам, основанным на данных Госкомгидромета) в 1970 г. в море поступило 2,7 тыс. т нитритов и 16,5 тыс. т фосфатов, а в 1979 г. — эти цифры составляли соответственно 13,6 и 27 тыс. т.

Эвтрофирование вод шельфа приводит к интенсивному развитию фитопланктона, в структуре которого в последние годы отмечаются существенные изменения. Сократилась вегетация многих видов диатомовых водорослей. Их доля в общей биомассе фитопланктона уменьшилась до 40,1%. В то же время доля перидиниевых, и в частности *Ehuviaella cordata*, возросла за последние 30 лет с 18,8 до 54,4% [7]. Ежегодное «цветение» этой водоросли стало причиной «красных приливов» в приустьевых районах Днестра, Днепра и Дуная. Максимальная численность организмов в зонах «цветения» достигает 224 млн кл/л, а в 50-е годы в периоды эпиходических «цветений» она не превышала 3,3 млн кл/л [10]. Выделенные А. И. Ивановым в 1957 г. три района наиболее интенсивного развития водорослей, приуроченные к устьям крупных рек, сейчас объединились в одну обширную область, занимающую до 50% площади акватории шельфа и превышающую их по размерам в 8—10 раз [6]. Кроме того, «красные приливы» стали отмечаться у берегов Болгарии и Румынии, где численность перидиниевых водорослей может теперь достигать 500 млн кл/л, а общая биомасса — 1 г/л [23, 24]. Здесь же в последние годы наблюдаются «красные приливы», вызванные интенсивным развитием простейших инфузорий, способных, в силу особенностей биологии, к фотосинтезу. Численность и биомасса этих организмов в Черном море в период указанных явлений достигает соответственно 4,6 млн экз/л и 280 г/м³, что в 2 раза превышает величины, зафиксированные у побережья Перу в момент развития Эль-Ниньо [16]. Общая биомасса фитопланктона за последние 30 лет на северо-западном шельфе возросла в 26 раз [6], а по всему морю она увеличилась с 52 до 800 г/м³ по максимальным значениям [7]. Вторичное загрязнение придонного слоя воды, происходящее после отмирания «цветущих» организмов, приводит к увеличению здесь концентрации органического вещества в 4 раза, а скорости его окисления — в 3—5 раз по сравнению с фоновыми значениями [22].

Параллельно с ростом биомассы фитопланктона на северо-западном шельфе сейчас отмечается изменение качественного состава и увеличение, в среднем в 10 раз, биомассы зоопланктона. В начале 80-х годов удельный вес, например, ночесветки в общей биомассе зоопланктона возрос по сравнению с периодом 60-х годов с 40 до 80%, а ее среднелетняя биомасса увеличилась за этот период в 15 раз. В то же время практически перестали встречаться некоторые виды ветвистоусых и гипонейстонных понтелид [7].

Последствия воздействия нефтяного и химического загрязнения непосредственно на гидробионтов в целом трудно оценить, хотя уже зафиксированы изменения в морфологии животных, нарушения жизненно важных функций их органов, аккумуляция тяжелых металлов и других веществ в их телах. Практически несъедобны ставрида, кефаль и барабуля, пойманные в районе Севастополя, Новороссийска, Батуми. Из 500 тыс. голов дельфинов, обитавших в море до 60-х годов, сейчас, даже после запрета их промысла, осталось около 50 тыс. особей, причем у многих из них наблюдается искривление позвоночника и различные кожные заболевания [4]. Поступление с речными водами детергентов и пестицидов вызывает массовую гибель зоопланктона на гидрофронтах и по ходу трансформации пресных вод, превышение (по данным Юг-НИРО) ПДК этих веществ в мясе, например, дунайской сельди, хамсы, катрана в несколько раз.

Кроме загрязнения морских вод и изменения качественного состава речного стока в процессе хозяйственной деятельности осуществляется также зарегулирование и перераспределение пресной воды — уменьшение ее поступления не в сумме за год, а в отдельные сезоны. В результате строительства каскада водохранилищ на Днестре его сток в весенне-летний период уменьшился почти в 2,5 раза [11]. Проникновение в приустьевые участки солевых вод открытой части моря вызвало нарушение условий нереста и нагула обитающих здесь рыб. Соленость придонного слоя воды северо-западного шельфа в летний период по этой причине за последние 30 лет увеличилась почти на 1‰ [3], а солевые воды, проникающие в русло Днестра, фиксируются даже в районе Херсона [15].

Подток на шельф солевых вод в придонном слое обостряет вертикальные градиенты плотности [2, 6], а уменьшение стоковых течений в летний период способствует возникновению застойных зон, что в сумме с известным ослаблением ветровой деятельности в этот сезон ухудшает перемешивание воды, проникновение кислорода в глубинные слои шельфа. Таким образом, окисление избыточного органического вещества происходит без параллельной аэрации воды и вызывает развитие у дна гипоксии, а в отдельные годы и сероводородного заражения. Начиная с 1978 г. такие явления, возникая на северо-западном шельфе каждое лето и распространяясь иногда на 70% его акватории, сохраняются с мая по сентябрь на глубинах 10—30 м. Толщина слоя сероводородного заражения при глубине моря 12 м может достигать 3—5 м, а при глубине 25—30 м — 10—15 м [18]. Например, площадь сероводородной линзы в междуречье Днестр — Дунай в 1983 г. составила 5,2 тыс. км², а его запас здесь достигал 15 тыс. т [17, 21].

Развитие придонной гипоксии и сероводородного заражения на северо-западном шельфе в летний период усугубляется еще одним антропогенным фактором — дампингом грунта в процессе строительства портов, дноуглубительных работ, берегоукрепительных мероприятий, чистки фарватера предприятиями Минсудпрома и другими ведомствами. По данным Черноморско-Азовского управления морских путей, с 1963 г. в этом районе ежегодно захороняется около 5 млн м³ грунта. На примере Керченского пролива известно [12], что по этой причине скорость антропогенного осадконакопления в районах, прилегающих к зоне дампинга, может достигать 1,2 см/год, т. е. на 3 порядка выше естественной. Концентрация же ртути, кадмия, нефтепродуктов в образовавшихся илистых осадках достигает, по нашим определениям, 1,5—2 г/кг.

К аналогичному эффекту — заилению значительных пространств, снижению прозрачности вод — приводит также донный промысел рыб, интенсивно развивающийся с 1976 г. Сейчас в северо-западной части моря в весенне-летний период ежегодно выполняется до 30 тыс. донных тралений. С момента начала промысла по 1988 г. из района вынесено 70 млн т мелкодисперсных частиц, которые распространились на акватории заповедника осетровых в Каркинитском заливе и на филофорное поле Зернова — уникальный биоценоз, характерный только для Черного моря. В 1983 г. общая площадь заиления здесь составила 1,5 тыс. км², толщина слоя переосажденных осадков изменялась от 0,5 до 18 см, а их объем достиг 30 млн т [13].

Совместное действие эвтрофикации вод, дампинга и донного промысла, вклад которых в экранирование солнечного света составляет соответственно 20, 35 и 45% [13], приводит к ухудшению аэрации придонного слоя воды в процессе фотосинтеза. Естественно, что рассмотренные изменения в абиотической части черноморской экосистемы отразились на жизнедеятельности организмов. С начала 60-х годов до настоящего времени площади мидийных полей на северо-западном шельфе (по оценкам ЮгНИРО) сократились с 20 до 10 тыс. км², а промысловых банок — с 9 до 2,6 тыс. км². Запас мидий в популяции за это время снизился с 8—12 до 5—6 млн т, а промысловый запас сокра-

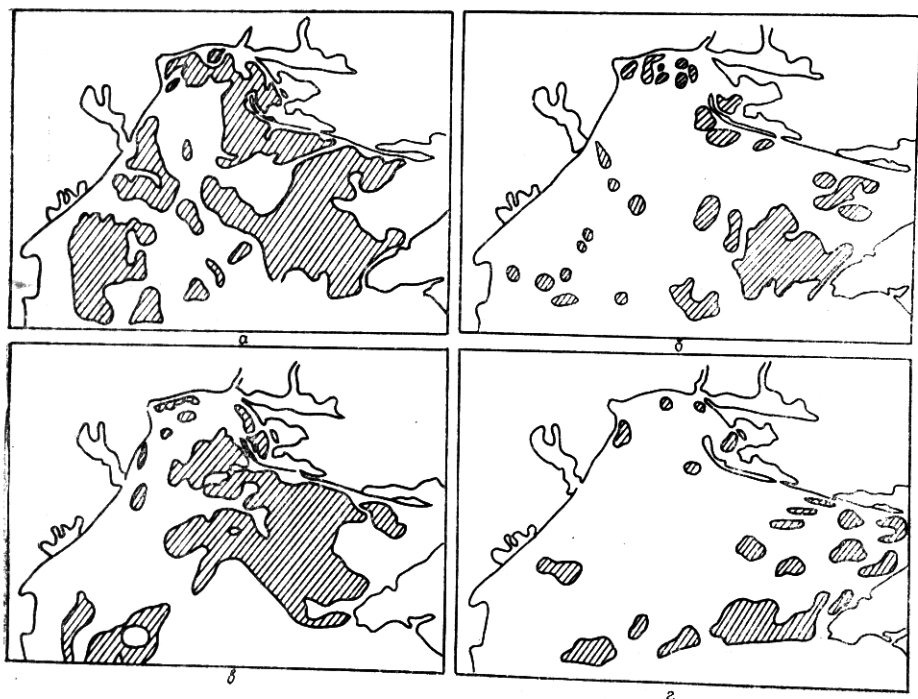


Рис. 1. Динамика площадей промысловых скоплений мидий в северо-западной части Черного моря:

а — 1968 г., запас — 33 млн ц, площадь — 9,0 тыс. км²; б — 1975 г., запас — 6,0 млн ц, площадь — 3,8 тыс. км²; в — 1947 г., запас — 17 млн ц, площадь — 7,1 тыс. км²; г — 1981 г., запас — 5,6 млн ц, площадь — 2,6 тыс. км².

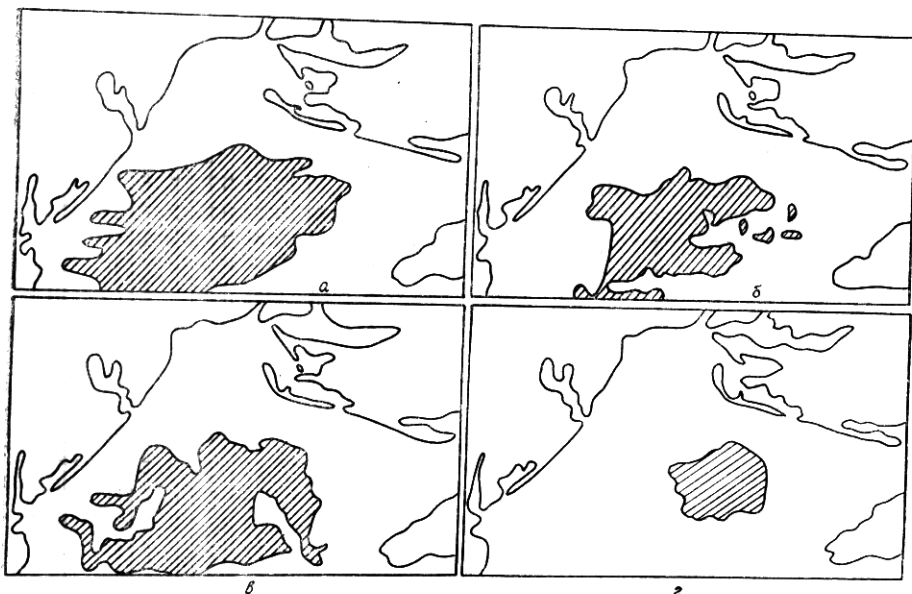


Рис. 2. Динамика площадей промысловых полей филофоры в северо-западной части Черного моря:

а — 1969 г., запас 9,04 млн т, площадь — 11,9 тыс. км²; б — 1978 г., запас — 2,07 млн т, площадь — 6,0 тыс. км²; в — 1977 г., запас — 2,5 млн т, площадь — 7,25 тыс. км²; г — 1981 г., запас — 0,95 млн т, площадь — 4,1 тыс. км².

тился в 6 раз (рис. 1). Аналогичная деградация произошла и в биоценозе фазеолины. Его площадь за последние 30 лет сократилась с 24 до 16 тыс. км², а запас моллюсков, по нашим оценкам, уменьшился с 6 до 0,5—0,9 млн т.

Филлофорное поле Зернова в 1925—1928 гг. занимало всю центральную часть северо-западного шельфа, где глубина достигает 20—45 м. Его площадь составляла более 10 тыс. км², а запас водоросли достигал 10 млн т. В настоящее время эти показатели сократились (рис. 2), соответственно до 4 тыс. км² и 0,5 млн т [6].

Кроме указанных последствий, по причине заморозов ежегодно в летний период после сгонных ветров на побережье от Очакова до Одессы и от Днестра до Дуная выносятся сотни тонн бычков и молоди других видов рыб [19]. При этом в прибрежную мелководную зону проникают сероводородные воды с глубин 10—15 м, нарушая сложившуюся здесь систему искусственного выращивания мидий. Конкретных оценок потерь в результате этого явления до последнего времени не произведено. Нарушаются также режим и условия промысла шпрота. Развитие придонной гипоксии препятствует образованию промысловых скоплений шпрота, рыба держится в разреженном состоянии или оторвана от грунта (рис. 3) и облову практически не поддается при снижении концентрации кислорода до 0,4—0,6 мл/л и развитии сероводородного заражения.

Наконец, говоря о формах антропогенного воздействия на природу Черного моря, нельзя забывать о таком факторе, как нерациональный промысел рыб и моллюсков. Ни для кого сегодня не секрет, что запасы многих ценных видов рыб по этой причине либо значительно сократились, либо эти виды исчезли вообще. В середине 60-х годов в советской зоне моря не стало скумбрии и пелагиды, вылавливавшихся в 50-е годы в количестве соответственно 15 и 2—8 тыс. т в год. Количество осетровых в настоящее время не превышает 9 тыс. т, а их изъятие в качестве прилова составляет всего 20 т, в то время как в 50-е годы уловы достигали 1 тыс. т в год. С 1986 г. запрещен промысел камбалы-калкан из-за почти полного исчезновения этого вида, хотя 30 лет назад она добывалась в количестве 2—3 тыс. т в год. Вылов кефали к концу 60-х годов снизился до 0,2—0,4 тыс. т, а 40 лет назад он был в 10 раз выше. Аналогичные изменения произошли и с выловом барабули. Кроме того, добыча мидий ножевыми драгами, составлявшая до 1985 г. 14 тыс. т в год, приводит к уничтожению мидийных банок. На примере промысла на банке «Церковная» в Керченском проливе установлено, что изъятие таким способом 1,77 тыс. т моллюсков вызвало заиливание примерно 9 км² площади дна и бесполезное уничтожение 1,7 тыс. т моллюсков, так как заполненная уловом и балластом драга на полпути драгирования буксирится как каток, уничтожая население дна. С 50-х годов до 1961—1965 гг. запасы мидий в Керченском проливе, по нашим данным, сократились со 100 до 50 тыс. т и к 1979 г. составили 15 тыс. т, а в 1988 г. запас моллюсков в этом районе оценен в 2 тыс. т. За этот же период запас мидий в Керченском предпроливье сократился с 300 до 78 тыс. т.

Последствия антропогенного воздействия в первую очередь проявляются в наиболее чувствительных шельфовых участках и прибрежной зоне моря. В то же время в результате многих независимых исследований обнаружены признаки существенных изменений океанографического режима вод открытой части моря [4, 5, 20], влекущие за собой как отрицательные, так и положительные изменения в биотической час-

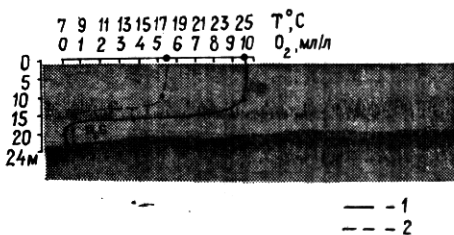


Рис. 3. Эхозапись шпрота, вертикальное распределение температуры (1) и растворенного кислорода в мл/л (2) в летний период на северо-западном шельфе Черного моря

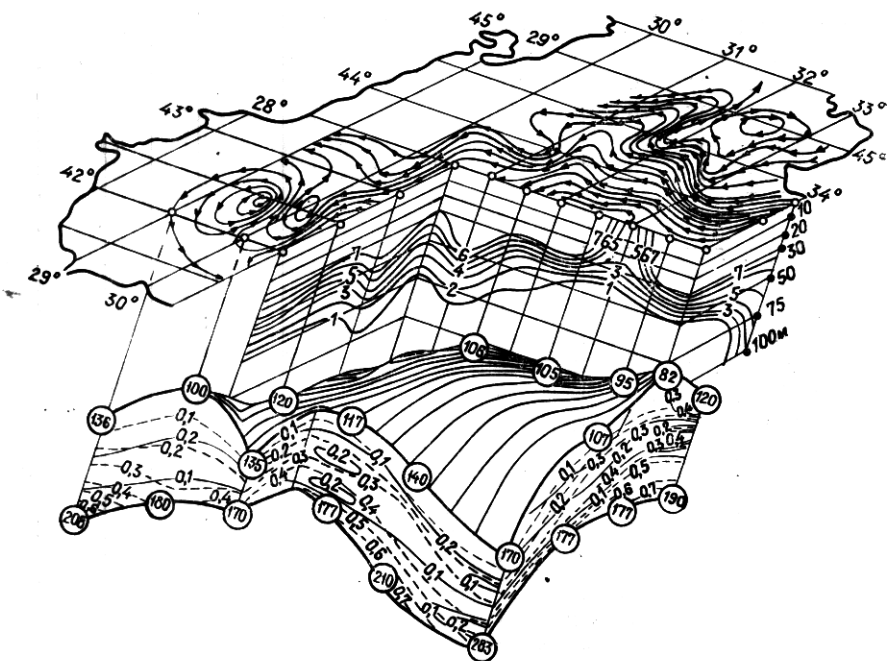


Рис. 4. Верхняя граница сероводорода и нижняя граница кислорода в аксонометрической проекции, распределение кислорода в мл/л на разрезе по 43°30 с. ш. и геострофическая циркуляция на горизонте 50 м от поверхности 300 дб в апреле 1986 г. (цифры в кружочках — глубина в м положения границ сероводорода и кислорода; пунктирные кривые — изосольфиды в мл/л, сплошные — изооксигены)

ти черноморской экосистемы. Однозначно определить причину наблюдающихся трансформаций, самая существенная из которых — подъем верхней границы сероводородной зоны за последние 30 лет в среднем на 50 м, сейчас не представляется возможным, так как до последнего времени отсутствовал «мониторинг экосистемы Черного моря как целостного объекта» [4]. Тем не менее в настоящей статье мы решили представить некоторые последствия этого процесса для жизни моря.

В динамически более активном поверхностном слое анаэробная зона Черного моря оказалась доступной для воздействия вихревых образований синоптического масштаба, а также прибрежной сгонно-нагонной циркуляции. Это приводит к локальным выходам сероводорода и обедненных кислородом глубинных вод в фотический слой, а в отдельных случаях и на поверхность (рис. 4). Сейчас сероводород устойчиво фиксируется на горизонтах 100—125 м, а в открытых районах моря наблюдаются его подъемы до 60—75 м [20]. Вместе с глубинными водами к поверхности поднимаются минеральные соли, запасы которых в сероводородной зоне моря составляют 90 млн т по фосфору и 400 млн т по азоту [1]. По сравнению с 1975 г. содержание аммонийного азота в аэробной зоне моря возросло в 3—4 раза, органического азота — в 1,5—2, количество нитратов в слое 50—125 м — в 2, а фосфатов в слое 75—125 м — в 1,7 раза [9]. В результате такой естественной эвтрофикации, связанной не с речным стоком, а с мобилизацией глубинного запаса минеральных солей, биомасса фитопланктона в открытых районах моря за последние 30 лет возросла в 3 раза, возрос уровень его продуктивности [14].

В прибрежных районах и в зонах свала глубин (изобата 100 м) подъем верхней границы сероводорода проявляется в выходе на шельф со стороны открытого моря вод, обедненных кислородом (рис. 5), а в отдельных случаях (в западной части моря) зафиксированы выходы на шельф глубинных вод, содержащих сероводород [8]. В период штормовых ветров в процессе апвеллинга эти воды, обогащенные минеральны-

ми солями, но с низким содержанием кислорода, распространяются до глубин 30—50 м. Последствием такой эвтрофикации шельфа со стороны открытой части моря является, по нашему мнению, развитие в последние годы у побережья Болгарии на значительном удалении от устьев крупных рек «красных приливов», вызванных интенсивным развитием не перидиниевых водорослей, а простейших инфузорий [16], — явление, характерное для высокопродуктивных зон апвеллингов в районе Перу, Калифорнии и других аналогичных участков Мирового океана.

В условиях изменяющейся экологической обстановки в Черном море рыбопромысловые прогнозы, разрабатываемые с учетом ранее выясненных экологических зависимостей, во многих случаях оказываются малоэффективными по причине повышения экологической роли других, прежде не принимавшихся во внимание факторов. При этом реакция экосистемы на естественно-климатические и антропогенные воздействия настолько сложна и неоднозначна, что традиционные подходы, основанные на использовании знаний океанографического режима водоема без понимания механизмов его формирования и поддержания устойчивости, не позволяют установить истинных причин происходящих изменений, наметить пути их прогнозирования. Действительно, в рамках одной экосистемы в зависимости, например, от стадии развития организма (икра, личинка, малек, взрослая особь) одни и те же факторы среды, а следовательно, и их изменения, по-разному влияют на его жизнедеятельность. Кроме того, в одном и том же районе моря, подверженном определенному внешнему воздействию, гидробионты могут находиться в различных биологических состояниях (нерест, нагул, зимовка, миграция), поэтому последствия от изменения условий среды в разное время для одного и того же объекта также могут быть различными. Наконец, механизмы, определяющие равновесие в экосистеме, могут отличаться в разных ее частях в зависимости от объективных физико-географических обстоятельств: наличия речного стока, характера рельефа дна и орографии берегов, климатических особенностей и др.

Проблема исследования всей цепочки реакций экосистемы на то или иное внешнее воздействие с учетом указанных обстоятельств значительно упрощается после выполнения экологического районирования моря, основой которого является установление его биологических особенностей, включающих характеристику основных промысловых объектов с выделением периодов и районов обитания на разных этапах жизненного цикла, выявление особенностей среды на этих участках моря и природных механизмов, обеспечивающих их устойчивость во времени, анализ форм и масштабов антропогенной деятельности на этих акваториях.

Руководствуясь этими принципами, мы выделили в Черном море три района, принципиально отличающихся по биологическим особенностям: северо-западный и западный шельф; северный, восточный и южный шельф; пелагическая часть моря. Используя предлагаемую таблицу, можно легко определить, что, например, развитие летней придонной гипоксии и сероводородного заражения в прибрежных участках северо-западного шельфа не оказывает влияния на ставриду и мерланга, поскольку в это время года они нерестятся и нагуливаются соответственно над термоклином и в районе свала глубин. Кроме того, оказалось, что

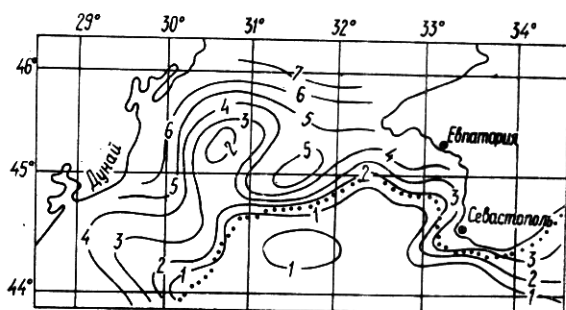


Рис. 5. Распределение кислорода на горизонте 100 м и в придонном слое в мл/л в ноябре 1986 г. после штормового восточного ветра (точки — изобата 100 м)

Биологическое состояние промысловых объектов по районам Черного моря

Объект	Сезон	Северо-западный, западный шельф	Северный, южный, восточный шельф	Пелагиаль
Хамса	Весна	Миграция на нерест и нагул	Миграция на нерест и нагул	Миграция на нерест и нагул
	Лето	Основной нерест 70%, нагул 90%	Нерест, нагул 30%	Нагул 10%
	Осень	Конец нагула, миграция на зиму	Конец нагула, миграция на зиму	Конец нагула, миграция
	Зима	—	Зимовка	—
Шпрот	Весна	Миграция на нагул, нагул	Миграция на нагул, нагул	Нерест в слое 0—100 м при 6—19 °С
	Лето	Нагул	Нагул, нерест в слое 0—100 м при 6—19 °С	—
	Осень	Миграция на нерест и зимовку	Миграция на нерест и зимовку	Основной нерест
	Зима	Нерест и зимовка у свала глубин	Нерест и зимовка у свала глубин	Основной нерест, зимовка
Ставрида	Весна	Миграция на нерест	Миграция на нерест	Миграция на нерест
	Лето	Нерест, нагул над термоклином	Нерест, нагул над термоклином	Нерест, нагул над термоклином
	Осень	Нагул, миграция на зиму	Нагул	Миграция на зиму
	Зима	—	Зимовка	—
Мерланг	Весна	Основной нерест при 6—9 °С, нагул	Нерест, нагул	Молодь в слое 0—10 м при 5 °С
	Лето	Нерест под термоклином, нагул у свала глубин	Нерест под термоклином при 6—9 °С	Молодь под термоклином при 10—15 °С
	Осень	Основной нерест при 6—9 °С, нагул	Основной нерест, нагул при 6—9 °С	Молодь в слое 0—10 м
	Зима	Основной нерест при 6—9 °С, нагул у свала глубин	Основной нерест при 6—9 °С, нагул у свала глубин	Молодь в слое 0—10 м при 5 °С

этот фактор влияет только на поведение шпрота в период нагула, но не сказывается на его урожайности, так как основной нерест этого вида происходит в пелагиали и в другие сезоны года. Урожайность же определяется другим процессом — ростом продуктивности вод открытой части моря из-за естественной эвтрофикации. В результате увеличения биомассы фитопланктона усиливается несбалансированность трофических отношений в системе фито- — зоопланктон. Неиспользованная доля первого увеличивается, что приводит к росту продукции бактерио- и микрозоопланктона, являющихся основной пищей для личинок сельдевых. В результате степень выживаемости личинок этого вида, обладающих малой пищевой активностью и поэтому наиболее требовательных к концентрации корма, значительно возрастает, что вызвало увеличение запаса шпрота за последние 20 лет почти в 3 раза [14].

Безусловно, предлагаемый подход не является окончательным решением задачи исследования причин и оценки возможных последствий изменения условий среды для продуктивности водоема. Это только схема, нуждающаяся в детализации, а также более четкой математической аргументации предлагаемого районирования. Тем не менее экологическое районирование может служить основой для разработки направлений исследований (при обнаружении недостатка информации), необходимых для улучшения качества рыбопромысловых и других прогнозов, связанных с эксплуатацией сырьевых ресурсов как Черного моря, так и других промысловых районов Мирового океана.

1. Айзатулин Т. А., Фащук Д. Я. Белые пятна Черного моря // Природа. — 1989. — № 1. — С. 81—89.
2. Альтман Э. Н., Гертман И. Ф., Голубева З. А. Многолетние тенденции солёности и температуры вод Черного моря в связи с изменением стока рек (по данным натурных наблюдений) // Вопр. гидрологии и гидрохимии Чер. моря: Тр. Гос. океаногр. ин-та. — 1988. — Вып. 189. — С. 39—54.
3. Брянцев В. А., Фащук Д. Я., Финкельштейн М. С. Антропогенные изменения океанографических характеристик Черного моря // Океанологические и рыбохозяйственные исследования Черного моря. — М., 1985. — С. 3—18.
4. Виноградов М. Е. Современные тенденции изменения экосистемы Черного моря // Вестн. АН СССР. — 1987. — № 10. — С. 56—68.
5. Жоров В. А., Богуславский С. Г. Тенденции некоторых гидрологогидрохимических процессов Черного моря // Метеорология и гидрология. — 1985. — № 11. — С. 63—69.
6. Зайцев Ю. П., Брянцев В. А., Фащук Д. Я. и др. Экосистема северо-западного шельфа Черного моря в условиях антропогенного воздействия // Антропогенное эвтрофирование природных вод: Материалы III Всесоюз. симп., Москва, сентябрь 1983 г. — Черноголовка, 1985. — С. 49—72.
7. Зайцев Ю. П., Гаркавая Г. П., Нестерова Д. А. и др. Современное состояние экосистемы северо-западной части Черного моря // Современное состояние экосистемы Черного моря. — М.: Наука, 1987. — С. 216—228.
8. Лукашев Ю. Ф., Гусарова А. Н., Налбандов Ю. Р. Гидрохимические признаки эвтрофикации вод западного шельфа Черного моря // Там же. — С. 77—85.
9. Налюандов Ю. Р., Винтовкин Б. Р. Гидрологические условия аэробной зоны Черного моря осенью 1978 г. // Экосистемы пелагиали Черного моря. — М.: Наука, 1980. — С. 50—61.
10. Нестерова Д. А. Развитие перидиней *Euxyiaella cordata* и явление «красного прилива» в северо-западной части Черного моря // Биология моря. — 1979. — № 5. — С. 24—29.
11. Перехрест В. С. Влияние водохранилищ на водный баланс и внутригодовое перераспределение стока Днепра // Водохозяйственные проблемы Украины. — Киев, 1972. — С. 29—32.
12. Рубинштейн И. Г., Тропенко Б. Г. Восстановление филофорного поля Зернова // Рыб. хоз-во. — 1988. — № 12. — С. 34—35.
13. Самышев Э. З., Рубинштейн И. Г., Золотарев П. Н. и др. Изменчивость в структуре бентоса Черного моря в условиях антропогенного воздействия // Антропогенные воздействия на прибрежно-морские экосистемы. — М., 1986. — С. 52—71.
14. Самышев Э. З. Прогнозирование запаса шпрота в Черном море // Рыб. хоз-во. — 1987. — № 6. — С. 40—42.
15. Тимошук В. И. Зарегулирование речного стока как фактор экологического равновесия Черного моря // Биология моря. — 1977. — Вып. 41. — С. 36—39.
16. Туманцева Н. И. «Красный прилив» в Черном море // Океанология. — 1985. — № 5, вып. 1. — С. 130—132.
17. Фащук Д. Я. Кислородный режим придонного слоя вод северо-западной части Черного моря в летний период // Гидробиол. журн. — 1985. — № 5. — С. 80—84.
18. Фащук Д. Я. Образование промысловых скоплений шпрота под влиянием условий среды // Рыб. хоз-во. — 1987. — № 6. — С. 37—40.
19. Фащук Д. Я. Новорожденный феномен Черного моря // Природа. — 1988. — № 6. — С. 19—23.
20. Фащук Д. Я., Айзатулин Т. А. О возможной трансформации анаэробной зоны Черного моря // Океанология. — 1986. — № 2, вып. 2. — С. 233—242.
21. Фащук Д. Я., Брянцев В. А., Троценко Б. Г. Особенности океанографического режима Черного моря в условиях хозяйственной деятельности // Антропогенные воздействия на прибрежно-морские экосистемы. — М., 1986. — С. 52—71.
22. Фащук Д. Я., Себах Л. К. Вклад физических и гидрохимических факторов в процесс развития придонной гипоксии на северо-западном шельфе Черного моря // Океанологические и рыбохозяйственные исследования Черного моря. — М., 1985. — С. 19—29.
23. Bodeanu N., Usurelu M. Dinoflagellate blooms in Romania Black Sea coastal waters // Toxic dinoflagellate blooms. — New York, 1978. — P. 151—154.
24. Sukhanova I. N., Flint M. V., Hibaum G. et al. *Euxyiaella cordata* red tide in Bulgarian coastal water (May to June 1986) // Mar. Biol. — 1988. — 99. — P. 1—8.

Юж. науч.-исслед. ин-т мор. рыб. хоз-ва
и океанографии, Керчь

Получено 17.01.90

D. Ya. FASHCHUK, E. Z. SAMYSHEV, L. K. SEBAKH, V. A. SHLYAKHOV

FORMS OF ANTHROPOGENIC EFFECT ON THE BLACK SEA ECOSYSTEM AND ITS STATE UNDER PRESENT CONDITIONS

Summary

400 thou. t of biogenic substance, 2 mill. t of organics, 410 thou. t of oil products, 20 thou. t of detergents come annually to the Black Sea with sewage. Concen-

tration of hydrogen and phosphorus salts in the Danube discharge for the last 10 years has increased by 6 and 3 times, respectively. Oxidation rates of surplus organics as a result of eutrofication in the north-western shelf is 3-5 times as high as the background ones. Here the areas of hydrogen sulphide zones achieve in the summer period 5 thou. km², hydrogen sulphide reserves at a depth of 10—30 m is 15 thou. t, under vertical development of the phenomenon from 3 to 15 m. Sedimentation rate as a result of annual burial of 5 mill. m³ of ground and making 30 thou. of the bottom trawlings on a shelf was 1,2 cm/year which is 1000 times as high as the natural. The thickness of the layer of redeposited sediments achieves 18 cm, and the area of silting — 1,5 thou. km².

The upper bound of hydrogen sulphide in the open part of the sea being elevated, the oxygen-depleted abyssal waters containing hydrogen sulphide come to the shelf, violate the system of fishing at the depths of 60-100 m. Natural eutrofication of the photic layer of the open part of the sea also proceeds as affected by mobilization of the abyssal reserve of mineral salts which improves production capacities of a sprat. Ecological regioning permits estimating the reasons of the occurring changes, outlining the ways of their prediction.

УДК 574.5:62—757.7:591.05 (262.5)

В. А. ТАМОЖНЯЯ, Л. М. МАЛЬЦЕВА

МЕТАБОЛИЗМ СООБЩЕСТВА ОБРАСТАНИЙ. СООБЩЕНИЕ III. ДИНАМИКА УГЛЕВОДОВ И АЗОТИСТЫХ ПРОДУКТОВ ОБМЕНА В СРЕДЕ С СООБЩЕСТВОМ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

В среде с разновозрастным сообществом обрастаний, выращенном в Севастопольской бухте на глубине 1,5—2 м, определяли содержание аммония, нингидринположительных веществ (НПВ) и суммарных углеводов после 2 и 20 ч экспозиции в морской воде. Азотистые продукты обмена в основном экскретируются сообществом, исключая стадию развития микроценоза и переходные периоды в сукцессии. Динамика углеводов в среде с сообществом отражает более частую периодичность (1,5—2 мес) процессов выделения и поглощения. Скорость экскреции углеводов и аммония на 2—3 порядка превышает экскрецию НПВ, которая составляет 0,002—2,953 нг/л·ч·г сырой массы. По интенсивности обмена метаболитами с окружающей средой замечено выделяется весенняя генерация гидроида *Obelia loveni*, затем следуют популяция мидии *Mytilus galloprovincialis* и ботриллуса *Botryllus schlosseri*. Процессы потребления кислорода сообществом коррелируют с уровнем экскреции азотистых продуктов обмена и рН, в условиях гипоксии степень корреляционной зависимости возрастает до 0,59—0,66 при $P \leq 0,01$. Прямая зависимость между биомассой сообщества и уровнем его внешнего метаболизма не выявлена.

Продолжаем публикацию материалов о функционировании сообщества обрастаний с участием внешних метаболитов. В отличие от первых двух сообщений [5, 6] в данной статье речь пойдет о динамике конечных продуктов белкового обмена и веществ углеводного характера, в частности об изменениях содержания в среде с сообществом неорганических (аммонийного) и органических (аминного) форм азота, а также суммарных, растворенных в воде углеводов.

Материал и методика. Сообщество обрастаний, формирующееся на стеклянных пластинах 4×10 см в кутовой части Севастопольской бухты с января 1984 г., экспонировали в море на глубине 1,5—2 м. Методика наблюдений за развитием сообщества на протяжении 20 мес и схема экспериментов с ним подробно описаны в [5, 6].

Уровень внешнего метаболизма сообщества с учетом сырой биомассы и ее органической составляющей оценивали по количеству потребленных или выделенных в окружающую среду метаболитов, исходя при этом из разности между контрольной и опытной пробами (4 повторности). После экспонирования в морской воде пластин с сообществом в течение 2 (норма) и 20 (гипоксия) часов определяли содержание в среде аммония, аминного азота в составе нингидринположительных веществ (НПВ) и суммарных растворенных углеводов. Методика определения указанных метаболитов описана ранее [4].

© В. А. Таможняя, Л. М. Мальцева, 1991