

ПРОВ 98

МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН УССР

ПРОВ 2010

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ: "СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ"

н 7791-В85

10.11.85

Г.В.Баринов

УДК 574.55:574.64(262.5)

оcean. биол. гидрофиз. моря

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ И МЕРЫ БОРЬБЫ С РОСТОМ СЕРОВОДОРОДНОГО ЗАРАЖЕНИЯ

В настоящей статье обращается внимание на некоторые новые аспекты биологической продуктивности Черного моря, которые не нашли отражения в фундаментальном труде "Основы биологической продуктивности Черного моря" (1979), а также ряде других монографиях и сборниках, посвященных этой проблеме, вышедших до начала 80 гг. (Степанов, Андреев; 1981; Сорокин, 1982 и др.)

На биологическую продуктивность Черного моря значительное влияние оказывает зараженность его вод сероводородом, особенно положение его верхней границы. Вопросы динамики сероводорода в Черном море (и других морях) продолжают оставаться не только актуальными, но приобретают со временем все большую остроту. Эта острота проблемы обусловлена, в первую очередь, относительно быстрым (со скоростью, примерно, 1 м в год) поднятием верхней границы сероводорода (Богуславский, Мороз, Новоселов, 1985) и образованием на северо-западном шельфе локального очага сероводородного заражения, имеющего тенденцию к слиянию с основным, (Зайцев, 1985) что весьма отрицательно повлияло на биологические ресурсы Черного моря, вызвав их катастрофическое сокращение. Возможность поднятия верхней границы сероводорода в Черном море ранее допускалась как следствие роста дефицита кислорода в атмосфере, или увеличения поступления в море органики, а так же азота и фосфора (Баринов, 1971, а; Скопинцев, 1975). Рассмотрение причин роста сероводородного заражения важно для разработки мер борьбы с этим явлением с целью восстановления (а в перспективе и увеличения) биологических ресурсов Черного моря.

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 48 деп.

© ЗНАНИИ, 1985г.

Сероводород в Черном море, повидимому, имеет как минимум, двойную природу. Первый источник его образования связан с классической сульфатредукцией. Второй источник имеет геохимическую природу (Зеленов, наст. сборник). В зависимости от природы происхождения сероводорода изменяются и представления о природе процесса хемосинтеза, его вкладе в биологическую продуктивность Черного моря. Если исходить из представлений о сероводороде как результате сульфатредукции, то его окисление в процессе хемосинтеза не будет источником образования нового органического вещества, как это и принято считать в настоящее время. Если же сероводород имеет и геохимическую природу, то его окисление в процессе хемосинтеза уже можно будет отнести к первичному продукционному процессу. Важно знать соотношение различных процессов образования сероводорода. Существуют расчетные методы разделения первичного и вторичного хемосинтеза, функционирующего за счет органического вещества, образованного в процессе фотосинтеза (Баринов, 1984).

В связи с новыми открытиями в океанографии, в частности, открытием "оазисов жизни" на дне океанов, функционирующих за счет процесса хемосинтеза, природу этого процесса и его экологическую роль в океане и в Черном море приходится пересматривать. Оказывается, в Черном море продукция хемосинтеза сравнима с продукцией фотосинтеза, что доказывается как экспериментальными (Сорокин, 1982), так и расчетными (Баринов, 1984) методами.

То же самое наблюдается и в некоторых районах открытого океана в подповерхностных слоях. В последнем случае источником энергии для процесса хемосинтеза может быть водород и метан, выделяющиеся со дна, а также органическое вещество, образовавшееся на дне в процессе "первичного" хемосинтеза (например за счет энергии окисления H_2S) в районах термальных источников и других выходов газов. Органическое вещество, образовавшееся в процессе хемосинтеза на дне океана и далее поднимающееся к поверхности, окисляется в подповерхностных слоях гетеротрофными бактериями. Такой подход частично ликвидирует известный дисбаланс, который существует в океане между продукцией фотосинтеза и её потреблением в пищевой цепи: продукцией фотосинтеза явно не хватает, особенно в мезо- и олигот-

рофных водах, составляющих свыше 90% площади Мирового океана (Сорокин, 1973; Грезе, 1982).

В Черном море существует реальная угроза потери биологических ресурсов как следствие быстрого роста сероводородного заражения. Прогноз опасных тенденций роста сероводородного заражения Черного моря был дан в начале 70-х гг. (Баринов, 1971а, б, в; 1972). Вскоре он начал оправдываться на шельфе, (Зайцев, 1983), а затем и в центральных районах моря.

В настоящее время прогноз о подъеме верхней границы сероводорода в Черном море получает экспериментальное подтверждение в гидрохимических исследованиях (Жоров, Еремеев, Богуславский, Калашникова, 1984; Богуславский, Жоров, Новоселов, 1985). Эти авторы обнаружили, что за последние примерно 20 лет верхняя граница H_2S в циклонических круговоротах в центральной части моря в среднем поднялась со 125 до 80-90 м. Существуют различные гипотезы, объясняющие причины роста сероводородного заражения Черного моря: астрономические, связанные с циклами солнечной активности, гидрологические, вызванные естественными колебаниями стока рек, геологические, обусловленные неравномерностью выделения сероводорода со дна моря, и экологические (антропогенные), как следствие нарушения экологических равновесий вообще и роста загрязнений, в частности. Тот факт, что за последние 20 лет верхняя граница H_2S в центре циклонических круговоротов Черного моря поднялась на 35-45 м, можно объяснить вмешательством человека в глобальные экологические равновесия, их нарушением, которые наиболее интенсивными были за последние 40 лет, когда во всем мире наблюдался наибольший прирост промышленной продукции, рост энергетических мощностей, транспорта и т.д. За это время количество различного рода загрязнений, выброшенных в окружающую среду (в атмосферу и гидросферу) возрос, примерно, в 10 раз. Особенно пострадали окраинные моря, расположенные в центре индустриальных государств (Черное море, Балтийское море и др.), в которые впадают крупные реки, аккумулирующие и транспортирующие различного рода загрязнения с обширных географических регионов и государств с различным политическим и экономическим строем.

В пользу представлений об антропогенной природе крупномасштабных заморов на северо-западном шельфе Черного моря

свидетельствует сам факт почти полной гибели "филлофорного поля Зернова" (Виноградов, Флинт, 1985). Тенденции быстрого снижения биомассы филлофоры в Черном море наблюдались последние 10 лет (Каминер, 1979; Калугина-Гутник, 1981; Катук, 1983; Фашук, наст. сборник). Если бы поднятия верхней границы сероводорода в Черном море и крупномасштабные заморы на северо-западном шельфе имели место и ранее, то "филлофорное поле Зернова" периодически бы исчезало и вновь восстанавливалось, чего прежде не наблюдалось. Такого рода периодичность должна была бы происходить каждые 10-20 лет, что вряд ли бы осталось незамеченным, учитывая постоянно проводимые исследования морских биологов на филлофорном поле. Промысловики так же бы обратили внимание на резкие колебания биомассы филлофоры, являющейся сырьем для агаровой промышленности.

Рассмотрим более подробно возможные конкретные механизмы выклевательства человека в экосистему Черного моря. В результате потребления ископаемого топлива, сведения лесов и эрозия почв в атмосфере происходит непрерывное увеличение концентрации CO_2 и, соответственно, должна снижаться концентрация O_2 . Последнее рассматривается как одна из возможных глобальных причин начала роста сероводородного заражения Мирового океана и, в первую очередь, усиления заражения Черного моря. Если за основу потребления топлива, сведения лесов и эрозия почв взять последние данные (Окружающая среда. Споры о будущем, 1983), то общее уменьшение концентрации O_2 в атмосфере может достигать к настоящему времени 0,1% от общего содержания O_2 в атмосфере. Этот фактор является интегральной причиной роста сероводородного заражения Черного моря, в том числе на его северо-западном шельфе. По мнению Ю.П. Зайцева (1983) непосредственной причиной заморы на северо-западе Черного моря следует рассматривать эвтрофикацию как следствие сильного загрязнения. Интегральным показателем эвтрофикации будет скорость роста дефицита кислорода в экосистеме Черного моря. По мнению некоторых авторов (Рамад, 1981) такого рода явления правильнее будет называть не эвтрофикацией, а дистрофикацией, т.к. продуктивность многих экологически и хозяйственно ценных видов, их разнообразие в целом, под влиянием загрязнения не повышается, а резко

снижается, что полностью относится и к Черному морю: бурно размножаются только сине-зеленые и зеленые, а многие другие виды водорослей, (а так же моллюсков и рыб) гибнут (Зайцев, 1983; Нестерова, 1983). Последнее явление может быть также следствием действия биологических токсинов, выделяемых сине-зелеными и некоторыми другими видами одноклеточных водорослей, вызывающих известное явление "красного (точнее бурого) цветения", которое в настоящее время стало наблюдаться и в Черном море. Этот аллелопатический эффект эвтрофикации Черного моря можно рассматривать как один из возможных факторов гибели биоценоза "филлофорного поля" Зернова, включая мидии. Ранее токсический эффект сине-зеленых был исследован на днепровских водохранилищах Институтом гидробиологии АН УССР.

Особенно много загрязнений (нефти, органики, азота, фосфора и т.д.) выносится р. Дунай, воды которого в отдельные моменты недонасыщены кислородом почти на 80%. Следующая возможная причина явлений заморов и эвтрофикации района между Крымом и Одессой будет сброс с рисовых чеков пресных вод, насыщенных органикой, солями, азотом, фосфором и сильно действующими гербицидами. Этот сброс за год в настоящее время достигает 200 млн. м³ (главным образом в Каркинитский залив и, примерно, столько же воды сбрасывается в Сиван). Есть и другие факторы загрязнения Черного моря, добыча песка, разведка и добыча нефти и т.д.

Загрязнение и эвтрофикация снизили прозрачность черноморской воды и, таким образом, резко уменьшили поступление солнечной энергии к биотопу, где обитала филлофора. Достаточно сказать, что в северо-западной части моря средняя биомасса фитопланктона в 1973-1980 гг. возросла по сравнению с 1959-1973 гг. почти в 26 раз (при резком изменении видового состава) (Нестерова, 1983). Однако, ослабление освещенности биотопа филлофоры, очевидно, все же не главная причина её гибели, т.к. погибли и мидии, которым свет непосредственно не нужен. Ранее экономисты-экологи (эконологи) рассматривали возможность гибели филлофоры лишь гипотетически, например, как следствие зарегулирования стока рек и уменьшения в отдаленном будущем поступления питательных веществ. Однако, гипоте-

тический ущерб вскоре оказался реальным, но по другим причинам. По примерным оценкам потери от гибели филофоры и мидий составляют свыше 1 млрд. рублей в год (Мелешкин, 1981). Этот ущерб, нанесенный биологическим ресурсам, можно рассматривать как своеобразную цену экологического прогноза роста сероводородного заражения Черного моря и явления заморов на шельфе.

Некоторые авторы (Маккавеева, 1983) предполагают, что значительное сокращение биомассы филофоры, которое произошло к началу 80 гг. является природным периодическим процессом. Анализ причин сероводородного заражения Черного моря, в том числе его северо-западного шельфа, позволяют сделать вывод о необратимом характере этого явления, если масштабы загрязнения шельфа сохранятся.

Заметим, что начало массовой гибели филофоры на северо-западном шельфе Черного моря по времени совпало с началом возделывания риса в Крыму и в Херсонской области. Такое совпадение может быть не случайным.

Один из путей уменьшения эвтрофикации Черного моря и восстановления биологических ресурсов на его северо-западном шельфе состоит в предотвращении сброса вод в море с орошаемых полей, особенно рисовых чеков. В этом направлении уже проводятся исследования сотрудниками Крымского сельхозинститута. Заслуживают внимания предложения, высказываемые некоторыми практиками, о замене культуры риса в Крыму и Херсонской области другими культурами. Вместо риса можно возделывать, например, люцерну, включая в рисовые севообороты (Гичкин, Мироненко, 1972). Замена риса позволит увеличивать площадь орошаемых земель почти в два раза, существенно сократить сброс в море органики, азота, фосфора, сильно действующих гербицидов. Эти мероприятия, с одной стороны, уменьшат эвтрофикацию северо-западного шельфа Черного моря, а с другой - увеличат продукцию сельского хозяйства. Предлагаемые мероприятия можно рассматривать как первые реальные шаги по восстановлению запасов филофоры и мидий на северо-западном шельфе, а также как начало крупномасштабной мелиорации моря. Очевидно, что последнюю проблему нельзя рассматривать как чисто морскую, несвязанную с развитием сельского хозяйства.

и промышленности, их отходами, сбрасываемыми в море. Излишки пресной воды, образующиеся в случае замены культуры риса, могут быть направлены в города и курорты Крыма (Симферополь, Севастополь, Ялту), испытывающие острый дефицит пресной воды. В целом, развитие сельского хозяйства, морского хозяйства и дальнейшее строительство курортов в Крыму и юге Украины поддается оптимизации. В принципе эти отрасли могут развиваться не в ущерб марикультуре, биологическим (и рекреационным) ресурсам Черного моря. В случае, если существующие тенденции роста сероводородного заражения Черного моря сохранятся, то будет нанесен ущерб оставшимся биологическим ресурсам с потерей от 10 до 100 млн. рублей ежегодно.

Цена современных биологических ресурсов Черного моря составляет, примерно, 1 млрд. р. (Мелешкин, 1981).

Положение экологического равновесия в биосфере или региональной экосистеме зависит не только от потоков вещества и энергии, но и, что особенно важно учитывать в настоящее время, от потоков информации.

Применительно к экологическим системам понятие информации связано с качеством среды. Гербициды и другие ядохимикаты резко снижают это качество, несмотря на оптимальные условия обитания по другим параметрам (свет, температура и т.д.).

В заключение обратим внимание, что борьба с ростом сероводородного заражения Черного моря в принципе может осуществляться по двум направлениям.

1. Интенсификация процессов окисления сероводорода и хемосинтеза путем ликвидации верхнего распресненного слоя, увеличения турбулентной диффузии и, таким образом, увеличения поступления кислорода в подповерхностные воды (слой сосуществования кислорода и сероводорода).
2. Подавление процесса сульфатредукции и образования сероводорода путем уменьшения поступления в море органики, а также азота и фосфора.

Первое направление может реализоваться или путем резкого сокращения стока р. Дунай, или строительства специальной плотины в проливе Босфор, прекращающий приток вод из Мраморного моря в Черное (проект Богуславского). Однако, в том и другом проек-

те гидрологов остается неясным поведение верхней границы сероводорода и механизмы его исчезновения: то ли верхняя граница сероводорода поднимется еще выше, (в пределе до поверхности) прежде, чем он исчезнет, то ли верхняя граница сероводорода будет заглубляться. При этом первая альтернатива представляется даже более вероятной (Айзатуллин, Лебедев, Хайлов, 1984) т.к. по мере уменьшения распресненного слоя верхняя граница сероводорода может следовать за скачком плотности, который начнет (если уже не начал) подниматься к поверхности. Если же резко, до 10 раз, сократить поступление в море органики, а так же азота и фосфора, то это уменьшит скорость сульфатредукции и верхняя граница сероводорода в центре Черного моря будет (в любом случае) заглубляться, заморы на шельфе уменьшатся, а запасы филлофоры и мидий через некоторое время могут частично или полностью восстановиться.

Вероятно, наиболее рациональный путь борьбы с сероводородным заражением Черного моря состоит в реализации обеих направлений, если гидрологические проекты будут способствовать заглублению, а не поднятию верхней границы сероводорода. Если же изъятие значительной части стока р. Дунай приведет к поднятию верхней границы сероводорода, то прекращение сброса в море органики, азота и фосфора будет единственной мерой борьбы с ростом сероводородного заражения Черного моря. Первым реальным шагом в решении этой проблемы будет замена посевов риса в Крыму и Херсонской области на другие культуры, например, люцерну, потребляющей примерно в 10 раз меньшее количество пресной воды и устойчивой к засолению. Как известно, люцерна является кормовой основой современного животноводства. Разумеется, отходы последнего не должны сбрасываться в море. В целом развитие промышленности, сельского хозяйства, курортов, и охрана морских биологических ресурсов представляют единую комплексную проблему причерноморского региона, которая в принципе может быть решена только на основе системного подхода. Необходимость значительно повысить научную обоснованность рационального использования водных ресурсов и охраны окружающей среды следует из Постановления общего собрания АН СССР, посвященного выполнению долгосрочной программы мелиорации и Продовольственной программы СССР (Вестник АН СССР, 4, 1985).

С целью предотвращения дальнейшего загрязнения Азово-Черноморского бассейна необходимо новое Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР, предусматривающее более строгие меры в отношении предприятий (промышленных, сельскохозяйственных, военных и т.д.), загрязняющих Черное и Азовское моря, а также заключение международного соглашения между придунайскими государствами о предотвращении загрязнения бассейна р. Дунай.

Проблема сероводородного заражения Мирового океана в целом намного сложнее. В этой проблеме существенное значение приобретает рост дефицита кислорода в атмосфере как следствие сжигания ископаемого органического топлива, сведения лесов и эрозии почв. Достигнутый человечеством уровень интегрального изъятия кислорода из атмосферы, примерно, равный 0,1%, вероятнее всего, является уже предельным. Дальнейший рост дефицита кислорода в атмосфере будет способствовать быстрому заражению сероводородом наиболее биологически продуктивных районов Мирового океана (где уже в настоящее время в ряде этих районов имеется значительный дефицит кислорода, сопровождающийся тенденцией сероводородного заражения). Это нанесет необратимый ущерб оставшимся биологическим ресурсам океана, и существенно изменит климат Земли (как следствие накопления CO_2 в атмосфере и т.д.). При этом важно учитывать не только тенденции изменения средней температуры приземного слоя атмосферы, но и величины отклонения от многолетней средней температуры, а так же количества осадков. От амплитуды колебаний температуры и осадков (при одной и той же их средней годовой величине) зависит урожай сельскохозяйственной продукции в глобальном масштабе, и, в первую очередь, в районах с рискованным земледелием, к которым относится весь юг СССР, Африка, Австралия и другие регионы планеты. Чтобы предотвратить тенденции роста дефицита кислорода в атмосфере необходимо развивать ускоренными темпами энергетику, несвязанную с потреблением кислорода атмосферы, или обеспечивающую его возобновление, как в случае потребления современного биотоплива (древесная и травянистая масса, морские водоросли и т.д.)

Новая концепция глобальной экологии состоит в том, что неограниченный рост прогресса человечества связан в первую очередь с ростом информации, фундаментального знания, что необязательно требует неограниченного роста энергетических мощностей человечества.

Литература

- АЙЗАТУЛЛИН Т.А., ЛЕБЕДЕВ В.Л., ХАЙЛОВ К.М. Океан: фронты, дисперсии, жизнь. Л.: Гидрометеиздат, 1984.
- БАРИНОВ Г.В. а) Биофизическая экология морских организмов и моря. В кн.: Проблемы морской биологии. Наукова думка. К., 1971, с. 173-178.
- БАРИНОВ Г.В. б) Экологическая гипоксия и её связь с сероводородным заражением Мирового океана. В кн.: Пятая научная конференция по химии моря. М.: Наука, 1971, с. 29-32.
- БАРИНОВ Г.В. в) О тенденциях в изменении соотношения окисленной и восстановленной зон Черного моря. В кн.: 50-летие Новороссийской биостанции. Новороссийск, 1971, с. 13-14.
- БАРИНОВ Г.В. Биосферные ритмы и проблемы сохранения кислородного равновесия. Журнал общей биологии, 1972, т.33, № 6, с. 771-778.
- БАРИНОВ Г.В. Продукция хемосинтеза в подповерхностных водах открытого океана. ВІСНИК АН УРСР, 1984, № 5, с. 24-29.
- БОГУСЛАВСКИЙ С.Г., ЖОРОВ В.А., НОВОСЕЛОВ А.А. О проблемах сероводородной зоны Черного моря. Морской гидрофизический журнал, 1985, № 1, с. 54-57.
- ВИНОГРАДОВ М.Е., ФЛИНТ М.В. Исследование экосистемы пелагиали Черного моря: Шестой рейс научно-исследовательского судна "Витязь". Океанология, 1985, т.25, вып.1, с. 168-171.
- ГРЕЗЕ В.Н. Экосистема южной Атлантики и проблема энергетического баланса пелагического сообщества океана, Океанология, 1982, т.22, вып.6, с. 996-1001.
- ГИЧКИН И.Н., МИРОНЕНКО И.П. Рисовые севобороты. Таврия, Симферополь, 1972.
- ЖОРОВ В.А., ЕРЕМЕЕВ В.Н., БОГУСЛАВСКИЙ С.Г., КАЛАШНИКОВА Ю.С. Особенности распределения и пространственно-временная изменчивость поля сероводорода в Черном море. Геохимия, 1984, № 3, с. 421-429.
- МАККАВЕЕВА Е.Б. Зарослевые биоценозы. В сб.: Системный анализ и моделирование процессов на шельфе Черного моря. Морской гидрофизический институт АН УССР, Севастополь, 1983, с. 123-131.
- МЕЛЕШКИН М.Т. Экологические проблемы Мирового океана. М.: Экономика, 1981.
- НЕСТЕРОВА Д.А. Фитопланктонные сообщества в шельфовой экосис-

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 48 ген.

теме. В сб.: Системный анализ и моделирование процессов на шельфе Черного моря. Морской гидрофизический институт АН УССР, Севастополь, 1983, с. 102-105.

О задачах Академии наук СССР в выполнении решений Октябрьского (1984) Пленума ЦК КПСС и Продовольственной программы СССР, Вестник АН СССР, 1985, № 4, с. 40-43.

Окружающая среда. Споры о будущем. М.: Мвсль, 1983.

Основы биологической продуктивности Черного моря. К.: Наукова думка, 1979.

Р А М А Д Ф. Основы прикладной экологии. Л.: Гидрометеиздат, 1981.

СОРОКИН Ю.И. Бактериальная продукция в водоемах. - Итоги науки и техники. Общая экология, биоценология, гидробиология. М.:

ВИНИТИ, 1973, № 1, с. 47-102.

СОРОКИН Ю.И. Черное море. М.: Наука, 1982.

СТЕПАНОВ В.Н., АНДРЕЕВ В.Н. Черное море. Л.: Гидрометеиздат, 1981.

З А Й Ц Е В Ю.П. Влияние антропогенных факторов на биологию северо-западного шельфа Черного моря. В сб.: Системный анализ и моделирование процессов на шельфе Черного моря. Морской гидрофизический институт АН УССР. Севастополь, 1983, с. 19-28.

КАЛУГИНА-ГУТНИК А.А. Гидробиологический журнал, 1981, т. 17, № 1, с. 132-134.

КАМИНЕР К.М. Филлофора северо-западной части Черного моря. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Одесса, 1979.

КАТУКОВ А.В. Филлофорное поле как индикатор состояния экосистемы. В сб.: Системный анализ и моделирование процессов на шельфе Черного моря. Морской гидрофизический институт АН УССР, Севастополь, 1983, с. 140-147.

СКОПИНЦЕВ Б.А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. Л.: Гидрометеиздат, 1975.

Институт биологии южных морей АН УССР, Севастополь

-12.-

чать

Цена 1-20

Зак.

Производственно-издательский комбинат БИНИТИ
Луберцы, Октябрьский пр., 403