

достигала 42,3 млн. кл/мл, численность гетеротрофных бактерий — 76,8 тыс. кл/мл. Бактериопланктон представлен в основном кокковыми формами (относительное содержание которых достигало 75,1%), различные по размерам палочки, часты были скопление крупных клеток неправильной формы. Доминирование кокковых форм над палочковидными указывает на высокую степень загрязнения водной среды органическими веществами. Соотношение между палочковидными и кокковыми клетками в верхнем участке водохранилища составляло от 0,1 до 1,2, что свидетельствует о наличии в воде легкоусвояемых микрофлорой органических веществ. Отмечено увеличение среднего объема бактериальных клеток от верховья к плотине.

Для оценки степени органического загрязнения использовали соотношение количества гетеротрофных бактерий к общему числу бактерий. В верхнем участке водоема оно составляло $0,3 \cdot 10^{-3}$ — $28,6 \cdot 10^{-3}$. Косвенным показателем наличия в воде углеводов является численность амилолитических бактерий. Весной их количество достигало 104,3 тыс. кл/мл, а летом в период массового цветения водорослей возрастало в 10 раз. Содержание протеолитических бактерий варьировало весной — 4,0-10,5 тыс. кл/мл (с максимумом у с. Каменка); летом наибольшие величины их численности были в зоне влияния Приднепровского тепловодного рыбного хозяйства.

Важное место в жизни водоема занимают нитрифицирующие бактерии, являющиеся косвенным показателем интенсивности процессов нитрификации. Их содержание находилось в пределах 0,09-110 тыс. кл/мл. Увеличение численности этих бактерий летом указывает на активизацию процессов самоочищения. Процессы денитрификации интенсивны и более активны летом и осенью. Для денитрификаторов характерна тенденция к повышению их количества в зависимости от степени загрязнения водоема.

Средний участок водохранилища находится под меньшим влиянием антропогенного фактора. Здесь отмечается незначительное снижение численности бактериопланктона (4,4-16,8 млн. кл/мл) с локальным повышением на отдельных станциях, увеличивается соотношение между палочковидными и кокковыми клетками (0,6-2,0) — свидетельство активности проходящего процесса самоочищения, подтвержденного наличием спорных форм. Последние как показатели интенсивности процесса самоочищения в поверхностном слое воды достигали 250 кл/мл. Отношения количества гетеротрофных бактерий к общему числу микроорганизмов составляло $0,3 \cdot 10^{-3}$ — $5,1 \cdot 10^{-3}$. Однако, в районе с. Кодак-Любимовка это отношение достигало $42,4 \cdot 10^{-3}$, высокая была численность и протеолитических бактерий — до 72,0 тыс. кл/мл, что явилось свидетельством большого загрязнения исследуемого участка водоема.

На других станциях этого участка содержание протеолитических бактерий не превышало 10,8 тыс. кл/мл — весной, в летний период их число возрастало до 33,0 тыс. кл/мл. Количество амилолитических бактерий составляло до 96,0 тыс. кл/мл (с максимумом в придонных слоях у с. Звонецкое-Вороной). Анализ бактериологических исследований показал, что наименьшее антропогенное влияние испытывает нижний участок водохранилища. Здесь общая численность бактерий не превышает 8,0 млн. кл/мл, не выявлено четкое доминирование кокковых форм, бактериальные клетки крупнее, чем в верхней части водоема. Высокая численность амилолитических и протеолитических бактерий в летний период связана с массовым развитием сине-зеленых водорослей, а также особенностями гидрологического режима.

Таким образом, по бактериологическим показателям в верхней части Днепровского водохранилища вода удовлетворительная с переходом в очень плохую; в средней — вода посредственная с переходом в плохую; в нижней — удовлетворительная с переходом в посредственную.

УДК 574. 632 (262. 5): (1-16)

Н.А. Берлинский, Ю.И. Богатова, Г.П. Гаркавая

Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, г. Одесса

О РАЗВИТИИ ГИПОКСИИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Черное море, благодаря своему географическому положению, большой водосборной площади, морфологии и значительной изоляции от Мирового океана, является наиболее наглядным примером негативного антропогенного воздействия. Северо-западная часть Черного моря (СЗЧМ), испытывает наибольший антропогенный пресс и в настоящее время является его самой эвтрофной зоной.

Пик эвтрофирования вод СЗЧМ приходится на 70-80-е годы. В этот период отмечалось резкое увеличение количества фитопланктона, а его фотосинтезирующая активность вызывала резкие изменения газового режима в фотическом слое пелагиали. В верхнем распресненном слое 0-5 м, реже 0-10 м происходит ассимиляция биогенных элементов, активно протекают продукционные процессы. Массовое развитие фотосинтезирующего фитопланктона в светлое время суток увеличивало количество растворенного в воде кислорода до 150-270% и повышало рН до 8,6-9,3. В условиях плотностной и температурной стратификации водных масс разложение отмершего фитопланктона, осевшего в придонный слой, приводит к развитию дефицита кислорода, гипоксии и аноксии. Здесь под слоем термоклина протекают деструкционные процессы, и регенерация биогенных элементов превалирует над ассимиляцией. Поступление кислорода в этот слой за счет диффузии сокращается, а расход кислорода на окислительные процессы превалирует над его поступлением. При снижении содержания кислорода менее 1 мл/л в придонном слое моря фиксировали появление сероводорода, концентрации которого изменялись в пределах 0,7-2,5 мл/л. Максимальная концентрация 3,7 мл/л отмечалась на глубине 18 м между берегом и Одесской банкой. В условиях гипоксии образование сероводорода связано с анаэробным разложением автохтонного органического вещества белкового генезиса.

Гипоксия — важнейшее следствие антропогенного эвтрофирования моря, приводящая к ухудшению газового режима моря и, как следствие, к массовым заморам придонных и донных организмов. На северо-западном шельфе Черного моря области морского дна, охваченные гипоксией в период 1973-1990 гг. занимали участки от 3,5 до 40 тыс. км² при общей площади 64 тыс. км² [1]. Для периода 1990-2000 гг. в стоке рек характерно снижение содержания минеральных форм азота и фосфора, кремния и увеличение органических соединений. Поэтому, несмотря на некоторое уменьшение содержания биогенных веществ в СЗЧМ, отмечается увеличение концентраций органических веществ и явление гипоксии в придонном слое моря сохраняется в масштабах 70-80-х годов (рис.).

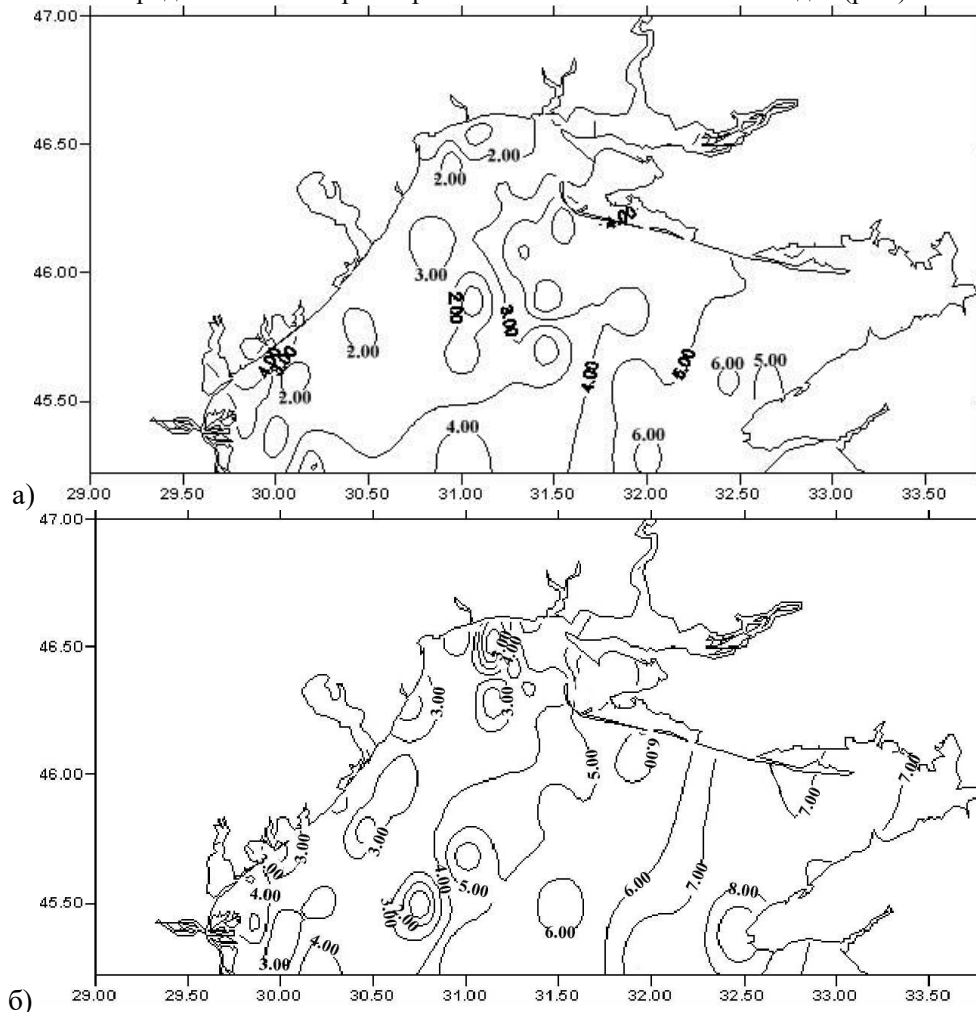


Рис. 1 Распределение кислорода (мл/л) в придонном горизонте северо-западной части Чёрного моря в летний период 1977-84 гг. (а) и 1989-93 гг. (б)

Исследования 1990-2000 гг. в прибрежной части моря и устьевых зонах рек позволили выявить некоторые характерные особенности развития придонной гипоксии. Первые признаки дефицита кислорода в придонном слое на мелководье проявляются по мере развития сезонного термоклина на глубине 2-5 м, который препятствует вертикальному перемешиванию и, следовательно, аэрации нижележащих слоев. По мере дальнейшего прогрева морской воды термоклин заглубляется, прижимается ко дну, сокращая тем самым объем придонного слоя, где идут интенсивные процессы деструкции и минерализации органического вещества отмершего фитопланктона. Развитие гипоксии на мелководье происходит в мае-июне и существование ее непродолжительно — от одной — двух недель до месяца. Как только верхний квазигомогенный слой распространяется до дна, газовый режим восстанавливается. В июле формируются предпосылки развития дефицита кислорода в зоне с диапазоном глубин 15-30 м. Это связано со смещением термоклина, который заглубляется, следуя рельефу дна. Здесь его нижняя граница располагается в 1-5 м от дна и начинает препятствовать вертикальному перемешиванию и насыщению кислородом придонных водных масс этого района. Здесь развитие гипоксии достигает максимума в августе — сентябре, а восстановление газового режима происходит в процессе осенне-зимней вертикальной циркуляции. Летом 1999 и 2000 гг. гипоксией было охвачено до 40 % всей площади СЗЧМ.

Сгонно-нагонные явления — одна из особенностей гидродинамических условий СЗЧМ. В летний период при развитии прибрежного апвеллинга происходит выход холодных водных масс из глубоководной части СЗЧМ с соленостью 17-18 ‰, содержанием сероводорода до 2,5 мл/л. Такая ситуация повторяется до 3-5 раз за сезон. Результатом исследований летнего периода 2000 г. было обнаружение гипоксии, сформированной в зоне относительно больших глубин. Средиземноморские циклоны, выходящие на Черное море с июня по август, были причиной сгонных ветров северного и северо-западного направлений. В начале июня вдоль побережья от Днепровского до Днестровского лимана был отмечен выход на поверхность холодных (7-10°C), соленых (18,2‰) вод. В этом районе такая температура и соленость морской воды соответствует глубинам 15-25 м. Содержание кислорода (менее 30% насыщения) в этих водах доказывает наличие условий для развития гипоксии ниже термоклина. Это явление сопровождалось массовой гибелью бентосных организмов и большим количеством снулой бентосной рыбы.

В августе у западной части п-ва Тендра было также зафиксировано явление апвеллинга, которое возникло после 4 суточного северного ветра. Здесь в поверхностном слое моря содержание растворенного кислорода составляло 1,5 мл/л, в придонном (9м) — 2,2 мл/л при солености 18,1‰, вода была молочно-белесого цвета с резким запахом сероводорода. Площадь этого района с сероводородным загрязнением составляла 90-100 км². Таким образом, в летний период 2000 г. гипоксией был охвачен придонный слой площадью, как минимум, в 500 км² СЗЧМ.

Таким образом, в СЗЧМ сохраняются условия для развития гипоксии, а ее негативные последствия сказываются не только в придонном слое моря, но и в прибрежной зоне при апвеллинге, резко ухудшая качество водной среды в рекреационной зоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев Ю. П. Экологическое состояние шельфовой зоны Черного моря у побережья Украины (обзор) // Гидробиол. журн. — 1992. — Т. 28, № 4. — С. 3-18.

УДК 574. 63

М.В. Борисюк

Донецкий национальный университет, г. Донецк

ФИТОПЕРИФИТОН АЗОВСКОГО МОРЯ И ЕГО БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Перифитонным организмам часто отдается предпочтение при биологической индикации качества поверхностных вод по показательным организмам. Это обусловлено, во-первых, большим количеством данных литературы о хорошей согласованности результатов биологического анализа перифитона с другими параметрами [1, 3], во-вторых, массовостью, широкой распространенностью, малопод-