

УДК 574 632 (262 5) (1-16)

Г.П. Гаркавая, Ю.И. Бойагова

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

## СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭВТРОФИРОВАНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Развитие процессов эвтрофирования в северо-западной части Черного моря (СЗЧМ), было в основном, обусловлено возросшим уровнем биогенных веществ в речном стоке. Однако, как показали многолетние исследования ОФИНБИОМ, этот процесс неоднозначен. Воды рек Днестра ( $8 \text{ км}^3/\text{год}$ ) и Днестра с Бутом ( $45 \text{ км}^3/\text{год}$ ), проходя через лиманы, теряют гам значительную часть минеральных взвешенных веществ за счет седиментации. Развитие биологических процессов в лиманах также приводит к снижению концентраций биогенных веществ. При этом происходит обогащение вод растворенными и взвешенными органическими веществами. Сток Дуная в СЗЧМ (украинская часть) составляет до 70% от его общего стока и осуществляется через Килийское гирло. Остальная часть стока через рукава Сулинское и Георгиевское распространяется в южном направлении вдоль берегов Румынии. Украинская часть шельфа принимает до  $141 \text{ км}^3/\text{год}$  стока Дуная, качество которого в последнее десятилетие сильно изменилось. Зарегулирование Дуная, способствовало резкому уменьшению в воде взвешенных веществ, минеральных соединений азота, фосфора, кремния за счет седиментации и фотосинтеза на водохранилищах, при этом возросло количество органических веществ [3]. Проходя через дельту и аванделу воды Дуная, также теряют значительную часть взвешенных веществ и биогенных соединений.

Таким образом, истинный объем речного стока, поступающего в СЗЧМ составляет  $194 \text{ км}^3/\text{год}$ . Он приносит в море около 300 тыс. т минерального и 700 тыс. т органического азота, 24 тыс. т фосфатов, 31 тыс. т органического фосфора, 700 тыс. т кремния. Основная часть этих соединений поступает в СЗЧМ во время весенне-летнего половодья и осенних паводков.

В последние 5 лет в зонах влияния речного стока, особенно Дуная, отмечено уменьшение величин азота аммонийного в 2-3 раза, нитратов в 1,5-2 раза, фосфатов в 1,5-3 раза, при этом содержание органических веществ увеличилось в 2-4 раза и отмечается тенденция к их росту. Увеличение концентраций азота органического в 2 раза произошло и в поверхностном слое центральной части СЗЧМ, что подтверждает усиление процессов эвтрофирования.

Дополнительным источником эвтрофирования моря, особенно его поверхностного слоя, служат атмосферные осадки (снег, дождь). Загрязнение атмосферы за счет промышленных выбросов, выхлопных газов и т. д. привело к увеличению в атмосферных осадках различных химических веществ, в том числе соединений азота, фосфора и др. Исследования, проведенные нами вдоль побережья СЗЧМ и в открытых водах моря показали, что с атмосферными осадками ( $20-25 \text{ км}^3/\text{год}$ ) в СЗЧМ поступает около 50 тыс. т аммонийного азота, до 15 тыс. т нитратов, 23 тыс. т органического азота, 160 тыс. т органических веществ и других соединений. Это сопоставимо с поступлением этих веществ со стоком р. Днестр.

Суммарный сброс промышленных и сточных, дренажных и остаточных вод с полей орошения в целом составляет 1,5 — 2% от стока рек СЗЧМ. Однако сброс их в прибрежную зону усиливает процессы эвтрофирования и заливов, замкнутых акваториях шхалей, и ведет к ухудшению качества морской среды, особенно в рекреационных зонах.

Донные отложения СЗЧМ и их роль в процессах эвтрофирования ранее не рассматривались. Эвтрофирование вод СЗЧМ способствовало накоплению в донных отложениях продуктов распада отмершего фитопланктона, особенно на участках с илистым грунтом за счет процессов седиментации. Многолетние исследования поровых вод донных отложений показали, что содержание азота-аммонийного, нитратов, фосфатов и кремния здесь на порядок, а иногда на два порядка выше, чем в придонном слое. В последнее десятилетие в СЗЧМ в донных отложениях идет накопление органического вещества аллохтонного и автохтонного происхождения, особенно трудно минерализуемого. Так, например, концентрации азота органического в поровых водах донных отложениях возросли в 2-4 раза, при этом концентрации лабильных органических веществ уменьшились в 2-3 раза [4]. Ранее в период аэробного окисления органического вещества в придонном слое, происходило захоронение в донные отложения продуктов деструкции отмершего фитопланктона. При этом, часть биогенных веществ (фосфаты) за счет диффузии из поровых вод донных отложений переходила в придонный слой моря. Незначительная часть соединений азота, фосфора и кремния поступала в придонный слой моря за счет жизнедеятельности бентосных и мейобентосных организмов. На мелководье в период штормовых явлений при взмучивании поверхностного слоя донных отложений часть минеральных и органических веществ также переходила в воду и стимулировала развитие фитопланктона. Появление гипоксии в

придонном слое моря привело к нарушению окислительно-восстановительных процессов. На границе вода-донные отложения с развитием восстановительных условия развиваются процессы аммонификации, денитрификации. Было установлено, что в условиях анаэробного обмена, на границе вода-донные отложения в придонный слой моря поступают аммонийные соединения, фосфаты и кремний, максимальные концентрации которых соответственно достигали 0,95 мг/л, 0,36 мг/л и 3,50 мг/л. Так, в летний период в Придунайском районе при незначительной величине речного стока и низких значениях биогенных веществ в незначительный период гипоксии отмечалось «цветение» воды, вспышка развития фитопланктона [5]. Поступление биогенных веществ из донных отложений в период гипоксии с последующим усилением процессов эвтрофирования характерны для Азовского и Балтийских морей [1,2]. Проведенная оценка поступления биогенных веществ в придонный слой СЗЧМ показала, что в зависимости от площади гипоксии за один месяц море получает дополнительно 50-80 тыс. т аммонийного азота, 10-17 тыс. т фосфатов и 40-90 тыс. т кремния. Однако если учесть, что на многих участках морского дна СЗЧМ в донных отложениях восстановительные условия сохраняются несколько месяцев, то величина поступления биогенных веществ может быть значительно выше. Таким образом, донные отложения можно рассматривать как «депо» биогенных веществ в СЗЧМ, которые можно рассматривать, как фактор вторичного загрязнения водных масс. Это характерно для гипертрофных водоемов, как пресноводных, так и морских.

Таким образом, к современным источникам эвтрофирования СЗЧМ наряду с речным стоком следует отнести атмосферные осадки, все сбросы в прибрежную зону моря и донные отложения, роль которых весьма значительна.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Александрова З. В., Бронфман А. М. Обмен биогенными элементами в системе «вода-грунт» и его роль в формировании лимитических основ продуктивности Азовского моря // *Океанология* — 1975 — Т. 15, вып. 1 — С. 75-81.
- 2 Бронфман А. М., Хлебников Е. П. Азовское море. Основы реконструкции. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985. — 271 с.
- 3 Гаркавая Г. П., Богатова Ю. И., Берлинский Н. А. Особенности формирования гидрохимических условий Украинской части устьевой области Дуная. Экосистема в моря украинской дельты Дуная. — Одесса: Астропринт, 1998. — С. 21-62.
- 4 Гаркавая Г. П., Богатова Ю. И., Берлинский Н. А. Формирование гидрохимических условий на устьевом взморье Дуная. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон. — Севастополь, 2000. — С. 133-141.
- 5 Настарова Д. А. Пространственно-временная изменчивость фитопланктона Жезыриной бухты. Экосистема в моря украинской дельты Дуная. — Одесса: Астропринт, 1998. — С. 159-180.

УДК [556.5.551.583](477)

**Е. Д. Голченко, П. А. Кулакова**

Одесский гидрометеорологический институт, г. Одесса

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИДУНАЙСКИХ ОЗЕР УКРАИНЫ

Экологическое состояние водных экосистем Придунавья под влиянием возрастающей антропогенной нагрузки достигло критического уровня, при котором невозможны процессы самоочищения и восстановления показателей качества вод и условий жизни биоты. В 1988, 1995, 1996 гг. на оз. Ялпуг наблюдалась массовая гибель рыбы. Придунайские озера-водохранилища под влиянием значительного количества биогенных веществ, поступающих со стоком малых рек, эвтрофированы, цветут синезелеными водорослями и формируют условия дефицита растворимого кислорода, т. е. гипоксию.

Расчеты водного баланса наибольшего водохранилища р. Ялпуг за 1985 г. показали, что на основные составляющие притока приходится: на осадки — 27% и 63% — на дунайскую воду. В расходных составляющих оттока основная роль (50%) принадлежит испарению с водной поверхности, а только 34% — на сброс озерных вод в р. Дунай. Коэффициент водообмена по оттоку в 1985 г. составил 0,49 от среднего за год объема озера (700 млн м<sup>3</sup>). В 1986 г., также как и в 1985 г., расчетами водного баланса подтвердились такие же основные показатели притока пресных вод в озеро Ялпуг (осадки — 28% и приток воды из реки Дунай — 46%). В расходной части баланса на испарение приходилось 45%, на сбросы — 39%, на водозабор для целей орошения — 12%. Ни приток грунтовых вод, ни сток малых рек, ни потери на фильтрацию не играют существенной роли в водном балансе, т. к. доля каждого из них лежит за пределами точности расчетов водного баланса за месяц.