

Ю.С. Тучковенко, к. ф.-м. н., **О. Ю. Сапко**

Одесский государственный экологический университет

ОЦЕНКА ЭВТРОФИКАЦИИ ВОД ОДЕССКОГО РЕГИОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Выполнена оценка степени эвтрофирования вод Одесского региона северо-западной части Черного моря с использованием индекса эвтрофикации E-TRIX. Полученные результаты позволили сравнить степень эвтрофикации вод исследуемой акватории с другими районами Черного моря, испытывающими антропогенную нагрузку.

Ключевые слова: Черное море, Одесский регион, эвтрофикация, индекс.

Введение. Трофический статус вод Одесского региона северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) формируется под влиянием как речного стока, так и сточных вод береговых антропогенных источников загрязнения. Ежегодно со сточными водами береговых источников в воды указанной акватории поступает около 30 т азота нитритов, 2037 т азота нитратов, 471 т аммонийного азота и 626 т фосфатов. Подробное описание этих источников приведено авторами в работе [1]. Проблема формирования и оценки качества вод Одесского региона СЗЧМ обсуждалась ранее в работах [2-4].

Цель данной работы заключается в оценке степени эвтрофикации вод Одесского региона СЗЧМ, по сравнению с другими районами Черного моря, на основе расчета индекса эвтрофикации.

Метод и материалы исследований. Для оценки уровня трофности вод использовался индекс эвтрофикации – E-TRIX [5]. Преимущество указанного показателя перед другими критериями оценки качества вод [6] заключается в том, что при его расчете используются стандартные гидрохимические и гидробиологические характеристики экологического состояния морских вод, определяющие первичную продукцию органического вещества или связанные с ней. Это позволяет корректно проводить сравнительный анализ экологического состояния вод различных морских акваторий по уровню их трофности. Индекс E-TRIX является функцией концентраций общего фосфора, минеральных форм азота, растворенного кислорода и хлорофилла «а». Последний показатель характеризует наличную биомассу фитопланктона. Согласно [5], индекс эвтрофикации определяется по формуле:

$$E-TRIX = (\log[Ch \cdot D\%O \cdot N \cdot P] + 1,5) / 1,2$$

где Ch – концентрация хлорофилла «а», мкг/л; D%O – отклонение в абсолютных значениях содержания растворенного кислорода от 100 % насыщения, N – концентрация растворенных форм минерального азота, мкг/л, P – концентрация общего фосфора, мкг/л.

Значения индекса E-TRIX изменяются от 0 до 10, в соответствии с трофическими условиями. Категории трофности и классы состояния качества вод, в зависимости от величины E -TRIX, представлены в табл. 1.

При значениях E-TRIX превышающих 6, исследуемые районы моря характеризуются высоким содержанием биогенных веществ, низкой прозрачностью и возможностью возникновения гипоксии в придонных слоях воды. И, наоборот, при индексе эвтрофикации менее 4, концентрация главных биогенных элементов

незначительная, воды хорошо аэрированы по всей толще и обладают высокой прозрачностью [7].

Таблица 1 – Категории трофности и состояние качества вод в зависимости от значений E-TRIX

Значения E-TRIX	Уровень трофности	Качество вод
< 4	Низкий	Высокое
4 – 5	Средний	Хорошее
5 – 6	Высокий	Удовлетворительное
6 – 10	Очень высокий	Плохое

Для оценки уровня трофности вод Одесского региона СЗЧМ использовались данные экологического мониторинга, проведенного Одесским филиалом Института биологии южных морей (ОФ ИнБЮМ) НАН Украины в период с 1988 по 1999 гг. За указанный период в Одесском регионе была проведена 31 комплексная съемка акватории с общим числом станций 557. Большинство съемок проводились в середине гидрологических сезонов (весна, лето, осень, зима). Так, в мае выполнено 9 съемок, в августе – 9, в ноябре – 3. Остальные съемки проведены в следующие месяцы: в апреле – 3, в июле – 1, в сентябре – 2, в октябре – 2, в декабре – 1 и феврале – 1.

Анализ средних по всем съемкам значений гидрохимических характеристик показал [4], что минимальные (7–9 мкгР/л) концентрации фосфатов в фотическом слое наблюдаются весной и летом (в поверхностном слое морской части акватории). Концентрация аммония минимальна весной (70–80 мкгN/л) и достигает максимальных концентраций летом – в прибрежной полосе моря (до 164 мкгN/л). Минимум содержания нитритов и нитратов (20–30 мкгN/л) – осенью в прибрежной полосе моря. В течение всего года концентрация аммонийного азота доминирует над нитратами.

В целом, в прибрежной полосе исследуемой акватории средние концентрации аммонийного азота и фосфатов во все сезоны года превышают концентрации характерные для морской части акватории. Максимальных значений это превышение достигает в летний сезон в поверхностном слое и составляет 80 % для аммония и 100 % для фосфатов. Прибрежные воды в весенне-летний период года содержат меньше нитратов и нитритов, чем воды открытой части акватории. И только осенью в прибрежной полосе их концентрация больше, чем в морской части акватории на 78 % в поверхностном слое и на 148 % - в придонном слое.

Средние значения химико-биологических характеристик качества вод, используемых при расчетах индекса эвтрофикации представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Среднесезонные значения химико-биологических характеристик вод поверхностного слоя Одесского региона СЗЧМ по данным мониторинга 1988-99 гг.

Показатели	Единицы измерения	Прибрежные станции			Мористые станции		
		Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
Температура	°С	14,6	20,7	10,7	15,9	21,8	12,4
Соленость	‰	12,2	15,3	15,3	13,0	15,4	15,5
Растворенный кислород	мг/л	10,4	8,4	10,6	10,3	8,8	10,9
Насыщение кислородом	%	118,3	112,4	112,9	122,0	119,7	119,3
Хлорофилл «а»	мг/м ³	4,78	4,92	6,89	5,14	4,24	6,43
Азот минеральный	мкгN/л	105,9	218,0	190,5	98,7	144,9	140,2
Фосфор общий	мкгР/л	30,8	58,7	48,8	26,3	35,5	41,7

Результаты исследований и их анализ. Индексы E-TRIX рассчитывались по данным наблюдений для каждого сезона (весна, лето, осень), отдельно для прибрежных и морских станций. Результаты расчета представлены в табл. 3. Видно, что значение индекса эвтрофикации изменяется в незначительных пределах. Максимальные значения индекса отмечаются в летне-осенний период года в прибрежной зоне Одесского залива, что может быть связано со значительным вкладом береговых антропогенных источников загрязнения в эвтрофирование вод акватории. Весной индекс эвтрофикации для прибрежных и морских станций отличается незначительно, что объясняется доминирующим влиянием речного стока на весь регион.

Таблица 3 – Рассчитанные для Одесского региона СЗЧМ за период мониторинга 1988-99 гг. сезонные значения индекса эвтрофикации E-TRIX

Сезон наблюдений	Прибрежные станции	Мористые станции
Весна	5,80	5,81
Лето	6,16	5,94
Осень	6,18	6,13

В табл. 4 представлены значения индекса эвтрофикации E-TRIX для разных районов Черного моря по данным [7, 8], а также рассчитанные авторами для Одесского региона СЗЧМ.

Таблица 4 – Среднегодовые значения индекса эвтрофикации для разных районов Черного моря

Район исследования	Период мониторинга	Значение индекса эвтрофикации E-TRIX
Варненский залив	1995-1998	7,35
Галата	1995-1996	5,18
Мыс Калиакра	1995-1998	5,07
Шкорпиловзи	1995-1996	4,96
Болгарское взморье	1995-1998	6,19
Севастопольское взморье	2001-2003	2,46
Севастопольская бухта	2001-2003	3,62
Одесский регион	1988-1999	6,00

Из представленной таблицы видно, что по степени эвтрофирования воды Одесского региона СЗЧМ уступают лишь водам Варненского залива и близки к водам Болгарского взморья Черного моря. Индекс эвтрофикации вод Севастопольского взморья и даже Севастопольской бухты, на берегах которой находится значительное количество антропогенных источников эвтрофирования вод [9], существенно меньше, чем в Одесском регионе, что свидетельствует в пользу значительного влияния речного стока на эвтрофирование вод исследуемой акватории.

Выводы. Значения индекса эвтрофикации E-TRIX, рассчитанные на основе данных многолетнего экологического мониторинга Одесского региона СЗЧМ, свидетельствуют, что воды указанной акватории характеризуются высоким уровнем трофности. Эвтрофикация вод акватории является следствием поступления значительного количества биогенных веществ из береговых антропогенных источников и с речным стоком. Характерное для района значение индекса E-TRIX составляет 6.0 и в несколько раз превышает значение индекса для района Севастопольского взморья.

Полученные высокие значения индекса эвтрофикации вод Одесского района СЗЧМ косвенно свидетельствуют, что возникновение гипоксии/аноксии в слое вод ниже пикноклина является закономерным следствием антропогенного эвтрофирования вод исследуемого района.

Список литературы

1. Тучковенко Ю.С., Сапко О.Ю. Оценка вклада антропогенных источников Одесского региона в загрязнение морской среды // Метеорологія, кліматологія та гідрологія.– 2003.– № 47. – С. 130-139.
2. Тучковенко Ю.С., Сапко О.Ю. Вклад антропогенных источников в эвтрофирование морской среды Одесского региона с учетом гидродинамического разбавления // Метеорологія, кліматологія та гідрологія.– 2004.– № 48. – С. 298-303.
3. Тучковенко Ю. С., Чугай А. В., Сапко О. Ю., Дятлов С. Е. Интегральная оценка качества вод Одесского региона северо-западной части Черного моря // Метеорологія, кліматологія та гідрологія.– 2005.– № 49. – С. 360 - 367.
4. Тучковенко Ю. С. Эвтрофирование вод Одесского района северо-западной части Черного моря и его математическое моделирование // Наукові записки Тернопільського педуніверситету. Серія біологія. Спеціальний випуск “Гідроекологія”. – Тернопіль: Терноп. нац. пед. ун-т.– 2005 р.- № 4. – С. 254 - 256.
5. Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanari G., Rinaldi A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index // Environmetrics. – 1998. - № 9. – P.329 – 357.
6. Сафранов Т.А., Чугай А.В., Тимченко З.В. Возможности оценки качества морской среды / Екологічні проблеми Чорного моря. – Одеса: ЦНТЕП ОНЮА, 2003. – С. 291 – 295
7. Moncheva S., Doncheva V. Eutrophication index (TRIX) – an operational tool for the Black Sea coastal water ecological quality assessment and monitoring // Internat. symposium “The Black Sea ecological problems”. – Odessa, SCSEIO, 2000. – P.178 – 185.
8. Губанов В.И., Мальченко Ю.А., Куфтакова Е.А., Ковригина Н.П. Диагноз современного состояния вод Севастопольского взморья (Черное море) по результатам мониторинга гидрохимических характеристик // Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу. – Севастополь: МГІ, 2004. – С.141 – 148.
9. Овсяный Е.И., Кемп Р.Б., Репетин Л.Н., Романов А.С. Гидролого-гидрохимический режим севавтопольской бухты в условиях антропогенного воздействия (по наблюдениям 1998-1999 гг.) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГІ, 2000. – С. 79 – 103.

Оцінка евтрофікації вод Одеського регіону північно-західної частини Чорного моря. Тучковенко Ю. С., Сапко О. Ю.

Виконана оцінка ступеню евтрофування вод Одеського регіону північно-західної частини Чорного моря з використанням індексу евтрофікації E-TRIX. Отримані результати дозволили порівняти ступень евтрофікації вод досліджуваної акваторії з іншими районами Чорного моря, що відчують антропогенного навантаження.

Ключові слова: Чорне море, Одеський регіон, евтрофікація, індекс.

Estimation trophic state of waters in Odessa region of northwestern part of Black Sea. Tuchkovenko Y. S., Sapko O.Y.

The estimation of water eutrophication degree for the Odessa region in northwestern part of the Black Sea with use of eutrofication index E-TRIX is executed. The received results have allowed to compare a water eutrophication degree of the investigated marine water area to other areas of Black Sea subject to heavy anthropogenic load.

Key words: Black Sea, Odessa region, eutrophication, index.