

УДК 504.42

Ю. С. Тучковенко, канд. физ.-мат. наук,

А. В. Чугай, канд. геогр. наук,

О. Ю. Сапко

Одесский государственный экологический университет

С. Е. Дятлов, канд. биол. наук,

Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ОДЕССКОГО РЕГИОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

На основе данных долговременного экологического мониторинга, с использованием комплексных экологических показателей, выполнена интегральная оценка качества вод Одесского региона северо-западной части Черного моря. Расчет комплексных показателей проводился на основе рыбохозяйственных и экологических нормативов качества морских вод. Установлено, что экологическое состояние исследуемой акватории характеризуется как неустойчивое.

Ключевые слова: Черное море, северо-западная часть, Одесский регион, качество вод.

Качество вод Одесского региона северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) определяется поступлением загрязняющих веществ с речным стоком, а также функционированием антропогенных источников загрязнения в прибрежной полосе. Учитывая, что Одесский регион имеет важное рекреационное значение и ценен для воспроизводства рыбных ресурсов, то анализ качества его вод представляет собой актуальную задачу морского природопользования.

Цель работы заключается в интегральной оценке качества морских вод Одесского региона СЗЧМ на основе данных экологического мониторинга.

Представляемая работа является продолжением исследований [1, 2], посвященных проблеме формирования качества вод в Одесском регионе СЗЧМ.

Материалы и методика исследования. Оценка качества вод выполнялась на основе данных экологического мониторинга, реализованного Одесским филиалом Института биологии южных морей (ОФ ИнБЮМ) в 1988 – 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.

Наблюдения выполнялись на 42 станциях, условно разделенных на прибрежные и глубинные (мористые). Схема размещения станций представлена на рис. 1.

Прибрежные станции мониторинга находятся под непосредственным влиянием береговых антропогенных источников загрязнения. Так, станции № 21 и 22 находятся в районе места выпуска сточных вод СБО «Южная», станции № 8 – 13 расположены в Одесском заливе, где находится Одесский морской порт и куда осуществляют сброс сточных вод СБО «Северная» и ряд промышленных предприятий. Качество вод в районе станций № 1 – 7 и 26 – 31 определяется прямым влиянием речного стока Днепра и Южного Буга в весенний период года, а также поступлением сточных вод с очистных сооружений Одесского припортового завода.

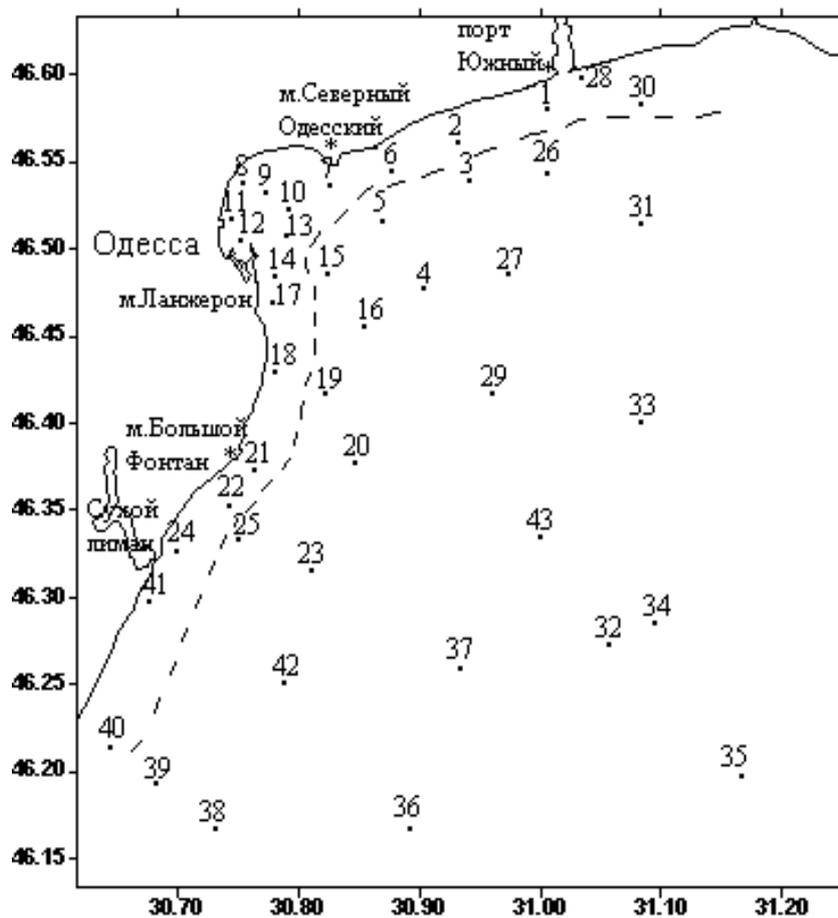


Рис. 1. Схема расположения станций экологического мониторинга Оф ИНБЮМ в Одесском регионе СЗЧМ (пунктирная линия выделяет прибрежные станции)

Качество морских вод оценивалось по методике, предложенной в работе [3], которая ранее была применена для приустьевых зон СЗЧМ [4, 5]. Использовались комплексный показатель экологического состояния (КПЭС), характеризующий экологическую устойчивость вод, и показатель экологической надежности (ЭН). КПЭС учитывает концентрацию

загрязняющего вещества (ЗВ) в морской воде, установленную для него ПДК и лимитирующий признак вредности (ЛВП), к которому это ЗВ относится. Чем меньше значение концентрации загрязняющего вещества в воде, тем выше значение КПЭС и тем выше экологическая устойчивость вод к загрязнению. ЭН водного объекта определяется как вероятность превышения $KПЭС_{ср}$ нулевого значения, соответствующего границе устойчивости.

Основные результаты исследования. Оценка качества вод проводилась по следующим показателям: БПК₅, содержание в воде растворенного кислорода, аммонийного азота, нитратов, нитритов, фосфатов, нефтепродуктов (НП), СПАВ и тяжелых металлов (меди, цинка, никеля, кадмия).

В табл. 1 и 2 представлены средние по гидрологическим сезонам значения основных гидрохимических параметров исследуемой акватории, рассчитанные для поверхностного и придонного слоев по данным экологического мониторинга. Для выделения роли местных антропогенных источников загрязнения, станции мониторинга были разделены на две группы: прибрежные и находящиеся в открытой части акватории. В число прибрежных включались станции, непосредственно прилегающие к береговой черте (см. рис. 1).

Т а б л и ц а 1

Концентрации эвтрофирующих и загрязняющих веществ в прибрежной зоне Одесского региона

Вещество, мг/дм ³	Весна		Лето		Осень		Среднегодовые	
	пов.	дно	пов.	дно	пов.	дно	пов.	Дно
NH ₄ ⁺	0,267	0,274	0,655	0,539	0,436	0,284	0,453	0,366
NO ₂ ⁻	0,005	0,008	0,008	0,019	0,014	0,012	0,009	0,013
NO ₃ ⁻	0,055	0,062	0,321	0,151	0,145	0,398	0,173	0,204
NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻	0,102	0,070	0,329	0,171	0,410	0,409	0,182	0,217
N _{орг}	1,207	1,601	1,573	1,546	1,602	1,367	1,461	1,505
PO ₄ ³⁻	0,020	0,028	0,114	0,083	0,051	0,042	0,061	0,051
P _{орг}	0,040	0,034	0,126	0,118	0,043	0,040	0,070	0,064
O ₂	9,61	6,48	5,2	0	7,6	6,84	7,47	4,44
БПК ₅	4,45	2,71	5,04	3,41	3,28	2,23	4,26	2,78
НП	0,17	0,11	0,15	0,11	0,12	0,07	0,15	0,10
СПАВ	0,055	0,045	0,066	0,068	0,063	0,061	0,061	0,058
Cu	0,006	0,011	0,018	0,013	0,006	0,011	0,010	0,012
Zn	0,040	0,064	0,090	0,123	0,090	0,138	0,073	0,108
Ni	0,005	0,011	0,008	0,012	0,006	0,012	0,006	0,011
Cd	0,0012	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001
Взв.вещ-во	11,4	21	11,2	21,5	10,9	14,5	11,17	19

Среди нормативных критериев для различных типов водопользования более полно экологическим требованиям соответствуют рыбохозяйственные ПДК, поскольку при их определении исследования проводятся не только на рыбах, но и на водорослях, микроорганизмах, зоопланктоне, бентосных организмах, т.е. на группах различного таксономического ранга, играющих существенную роль в круговороте веществ в водной среде. Результаты расчетов КПЭС с использованием нормативных параметров морских вод рыбохозяйственного назначения (табл. 3), для различных сезонов года приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 2

Концентрации эвтрофирующих и загрязняющих веществ мористой части акватории Одесского региона

Вещество, мг/дм ³	Весна		Лето		Осень		Среднегодовые	
	пов.	дно	пов.	дно	пов.	дно	пов.	Дно
NH ₄ ⁺	0,188	0,199	0,251	0,281	0,350	0,238	0,263	0,239
NO ₂ ⁻	0,005	0,012	0,008	0,019	0,008	0,009	0,007	0,013
NO ₃ ⁻	0,082	0,076	0,147	0,173	0,096	0,092	0,108	0,114
NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻	0,087	0,088	0,155	0,192	0,104	0,100	0,115	0,127
N _{орг}	1,422	1,635	1,686	1,643	1,376	1,707	1,495	1,662
PO ₄ ³⁻	0,016	0,023	0,025	0,044	0,041	0,040	0,027	0,036
P _{орг}	0,035	0,034	0,069	0,068	0,044	0,031	0,049	0,044
O ₂	9,01	5,93	7,4	0,8	9,15	6,84	8,52	4,52
БПК ₅	4,09	2,76	4,31	3,64	4,3	5,1	4,23	3,83
НП	0,15	0,12	0,14	0,15	0,13	0,09	0,14	0,12
СПАВ	0,048	0,049	0,093	0,062	0,053	0,068	0,065	0,060
Cu	0,006	0,010	0,015	0,011	0,007	0,015	0,010	0,012
Zn	0,059	0,075	0,060	0,106	0,060	0,068	0,060	0,083
Ni	0,008	0,007	0,005	0,011	0,004	0,011	0,006	0,010
Cd	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002
Взв.вещ-во	22,4	34	18,9	11,1	16,1	29,4	23,57	24,83

Т а б л и ц а 3

Нормативные значения параметров морских вод [6]

Пара-метр	O ₂	БПК ₅	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	НП	СПАВ	Cu	Zn	Ni	Cd
ЛПВ	общ. тр.	с.-т.	токсикологический									
ПДК, мг/дм ³	>4	2	40	0,08	2,26	11,5	0,05	0,1	0,005	0,05	0,01	0,005

Как видно из табл. 4, для всех сезонов года значения $КПЭС_{ср}$ и $КПЭС_{мин}$ являются отрицательными. Т.е. экологическое состояние водной среды исследуемой акватории в указанный период можно оценить как неустойчивое. Наибольший вклад в загрязнение морских вод дают такие вещества, как нефтепродукты, медь, цинк. Кроме того, высокие значения показателя $БПК_5$ свидетельствуют о высокой степени развития процесса эвтрофикации вод морской экосистемы.

Так как все значения $КПЭС_{ср}$ отрицательны, то экологическая надежность в данном случае равна нулю. Оценивая сезонную изменчивость показателей экологического состояния, следует отметить, что в летний период степень неустойчивости вод была выше, чем весной и осенью.

Т а б л и ц а 4

Оценка экологического состояния морских вод Одесского региона по рыбохозяйственным показателям

Горизонт	КПЭС	Весна	Лето	Осень
<i>Прибрежная зона</i>				
поверхность	$КПЭС_T$	-5,91	-9,63	-6,35
	$КПЭС_{с-т}$	0,999	0,992	0,996
	$КПЭС_{общ.тр.}$	0,09	-0,61	0,13
	$КПЭС_{ср}$	-1,61	-3,08	-1,74
	$КПЭС_{мин}$	-5,91	-9,63	-6,56
дно	$КПЭС_T$	-6,56	-8,91	-7,75
	$КПЭС_{с-т}$	0,998	0,996	0,99
	$КПЭС_{общ.тр.}$	0,13	-0,85	0,3
	$КПЭС_{ср}$	-1,81	-2,92	-2,15
	$КПЭС_{мин}$	-6,56	-8,91	-7,75
<i>Морские станции</i>				
поверхность	$КПЭС_T$	-6,04	-8,17	-5,66
	$КПЭС_{с-т}$	0,997	0,996	0,998
	$КПЭС_{общ.тр.}$	0,1	-0,15	0,07
	$КПЭС_{ср}$	-1,65	-2,44	-1,53
	$КПЭС_{мин}$	-6,04	-8,17	-5,66
дно	$КПЭС_T$	-6,41	-8,89	-7,42
	$КПЭС_{с-т}$	0,998	0,996	0,998
	$КПЭС_{общ.тр.}$	0,05	-0,81	-0,42
	$КПЭС_{ср}$	-1,79	-2,9	-2,28
	$КПЭС_{мин}$	-6,41	-8,89	-7,42

Для сравнения экологической неустойчивости вод прибрежной зоны и открытой части моря выполнялось осреднение сезонных средних и минимальных значений $КПЭС$ (табл. 5). Из таблицы видно, что степень

экологической неустойчивости морских вод в прибрежной зоне выше, чем с удалением от берега, что вполне закономерно, так как в прибрежной зоне сосредоточено большое количество источников загрязнения. Также, неустойчивость придонных вод более значительна, чем поверхностных, что может свидетельствовать о накоплении некоторых загрязняющих веществ в придонном слое воды и донных отложениях, которые в свою очередь могут являться источником вторичного загрязнения воды.

Т а б л и ц а 5

Осредненные за годовой цикл значения КПЭС

Горизонт	Прибрежная полоса		Морские станции	
	(КПЭС _{ср}) _{оср}	(КПЭС _{мин}) _{оср}	(КПЭС _{ср}) _{оср}	(КПЭС _{мин}) _{оср}
Поверхность	-2,14	-7,30	-1,87	-6,62
Дно	-2,29	-7,74	-2,32	-7,57

Кроме оценки качества морских вод по рыбохозяйственным показателям, представляется интересным подобная оценка с использованием экологических нормативов. В качестве характеристик развития процесса эвтрофирования вод будем рассматривать концентрацию в фотическом слое PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^- , БПК₅ и содержание O_2 в придонном слое акватории. При расчете КПЭС отнесем эти характеристики к группе параметров общих требований. В качестве экологических критериев нормирования качества морской воды в отношении содержания минеральных форм азота и фосфора были приняты не влияющие на скорость фотосинтеза их концентрации. Анализ литературных источников показал, что для большинства прибрежных морских экосистем, подверженных эвтрофированию, верхний предел лимитирующих продукцию фитопланктона концентраций минерального азота и фосфора соответствует 0,1 мгN/л и 0,015 мгP/л, соответственно. Превышение этих концентраций в фотическом слое в период вегетации свидетельствует о том, что, вследствие эвтрофирования, продукция фитопланктона не регулируется содержанием в воде биогенных элементов. Для БПК₅ и содержания кислорода экологические нормативные значения были приняты в соответствии с данными табл. 3.

Во вторую группу экологических параметров для оценки качества морской среды выделим загрязняющие вещества токсического действия: нефтепродукты, СПАВ, медь, цинк, никель и кадмий, для которых используем нормативные показатели, соответствующие данным табл. 3. Результаты расчетов КПЭС для этих двух групп параметров приведены в табл. 6. Видно, что при использовании предложенных экологических нормативов экологическое состояние вод исследуемой акватории неудовлетворительно, как по степени загрязненности морских вод, так и по степени развития процесса их эвтрофирования.

Оценка экологического состояния морских вод по экологическим показателям

Группа веществ		Лето	Среднее за год
<i>Прибрежная зона</i>			
Параметры общих требований		-3,37	-1,67
Загрязняющие вещества	Поверхность	-9,23	-7,03
	Дно	-8,43	-7,49
<i>Морские станции</i>			
Параметры общих требований		-0,92	-0,7
Загрязняющие вещества	Поверхность	-7,96	-6,45
	Дно	-8,53	-7,3

Выводы. На основе данных экологического мониторинга, с использованием комплексных показателей, выполнена интегральная оценка качества морских вод Одесского региона северо-западной части Черного моря. Результаты расчетов свидетельствуют, что экологическое состояние морской среды исследуемой акватории в период 1988 – 1999 гг. характеризуется как неустойчивое. Причем в летний период степень экологической неустойчивости возрастает.

Сравнительный анализ экологической устойчивости вод прибрежной и мористой зон моря показал, что степень неустойчивости экологического состояния вод в прибрежной зоне выше, чем с удалением от берега.

Оценки, выполненные на основе рыбохозяйственных нормативов, свидетельствуют, что экологическая неустойчивость придонных вод более значительна, чем поверхностных, что объясняется накоплением биогенных и загрязняющих веществ в донных отложениях, которые выступают как источники вторичного загрязнения вод придонного слоя.

В качестве экологических нормативов качества морских вод в отношении биогенных элементов предложено рассматривать их концентрации, соответствующие верхнему пределу лимитирования этими элементами первичной продукции фитопланктона в вегетационный период.

Оценки качества вод исследуемой акватории на основе экологических нормативов также свидетельствуют о высокой степени загрязненности вод и неустойчивости морской экосистемы этого района, подверженной значительной антропогенной нагрузке.

Результаты выполненных исследований могут быть использованы для сравнительной характеристики экологического состояния вод различных участков северо-западного шельфа Черного моря.

Литература

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. 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.
4. Тимченко З.В., Чугай А.В. Комплексные показатели оценки экологического состояния приустьевых зон Днестра и Дуная / Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2002. – Вип. 46. – С. 256 – 265.
5. Тимченко З.В., Чугай А.В. Оценка экологического состояния вод Приднестровско-Бугского района с использованием комплексных показателей / Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2003. – Вип. 47. – С. 140 – 147.
6. *Обобщенный* перечень предельно-допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ в водах рыбохозяйственных водоемов. – М., 1990. – 44 с.

INTEGRATED ESTIMATION OF WATER QUALITY IN THE ODESSA REGION OF NORTHWESTERN PART OF THE BLACK SEA

Yu.S. Tuchkovenko, A.V. Chugai, O.Yu. Sapko, S.E. Dyatlov*

Odessa state environmental university,

*Institute of biology of southern seas (Odessa branch) NAS of Ukraine

On the base of the data of long-term ecological monitoring of northwestern part of the Black Sea (Odessa Region), with usage of complex ecological parameters, the integral estimation of water quality is executed. The calculation of complex parameters was conducted on the basis of the fish-economic and ecological standards of sea water quality. It is established, that the ecological condition of researched water area is characterized as unstable.

Key words: water quality, Odessa Region, northwestern part, Black Sea.

ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

Ю. С. Тучковенко, А. В. Чугай, О. Ю. Сапко, С. Е. Дятлов*

Одеський державний екологічний університет,

Одеський філіал Інституту біології південних морів НАН України

На основі даних довгострокового екологічного моніторингу, з використанням комплексних екологічних показників, виконана інтегральна оцінка якості вод

Одеського регіону північно-західної частини Чорного моря. Розрахунок комплексних показників проводився на основі рибогосподарських і екологічних нормативів якості морських вод. Установлено, що екологічний стан досліджуваної акваторії характеризується як хитливий.

Ключові слова: Чорне море, північно-західна частина, Одеський регіон, якість вод.