

Сравнительная оценка уровня трофности Севастопольской и Южной бухт с использованием индекса *E-TRIX*

© 2017 К. А. Слепчук*, Т. В. Хмара, Е. В. Маньковская

Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия

**E-mail: skira@mhi-ras.ru*

Поступила в редакцию 14.04.2017 г. После доработки 16.06.2017 г.

Проведен сравнительный анализ экологического состояния акваторий Севастопольской и Южной бухт по уровню трофности с использованием индекса *E-TRIX*, являющегося интегральным комплексным показателем, связанным с характеристиками первичной продукции фитопланктона (содержание фотосинтетических пигментов, в основном хлорофилла *a*) и концентрацией биогенных веществ. Рассчитана годовая динамика биогенных элементов с использованием одномерного варианта откалиброванной для данных акваторий модели качества воды. Проведено сравнение годовых изменений индекса *E-TRIX* для обеих бухт, рассчитаны коэффициенты корреляции *E-TRIX* с параметрами индекса, дана оценка вкладов входящих в *E-TRIX* параметров.

Моделирование годового хода биогеохимических параметров Севастопольской и Южной бухт и дальнейший расчет индекса *E-TRIX* показали, что в среднем более высокий уровень эвтрофирования имеет Южная бухта: $E-TRIX_{\text{ср.}} = 4,47$. В Севастопольской бухте среднее значение $E-TRIX_{\text{ср.}} = 4,01$. Максимальные значения индекса достигали 5,53 для Южной и 4,55 для Севастопольской бухты. Однако в период, когда уровень концентрации фосфатов – основных лимитирующих биогенных элементов – в Севастопольской бухте выше, чем в Южной (начало июля – середина августа), показатель трофности у Южной бухты становится ниже, чем у Севастопольской.

Расчет относительного вклада компонентов, входящих в расчетную формулу *E-TRIX*, показал, что основным фактором, определяющим уровень трофности вод Севастопольской и Южной бухт, является концентрация минеральных форм азота. Вклады остальных компонентов, входящих в расчетную формулу *E-TRIX*, равнозначны.

Ключевые слова: уровень трофности, индекс *E-TRIX*, модель качества воды, Севастопольская бухта, Южная бухта.

DOI: 10.22449/0233-7584-2017-5-67-78

Введение

Вопросы состояния полужамкнутых водоемов в импактных зонах относятся к числу наиболее актуальных в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой, последствия которой могут привести к серьезным экологическим проблемам, в том числе существенному снижению качества воды заливов и бухт [1].

Одним из неблагоприятных следствий антропогенного воздействия на экологическое состояние морской среды может быть повышение уровня трофности акватории (водоема). Причиной эвтрофирования водоемов часто является избыточное поступление в них биогенных элементов и легкоокисляемой

органики, главным источником которых являются речной сток и промышленно-бытовые сточные воды, чье влияние носит локальный характер.

Не существует универсального метода оценки уровня трофности морской воды и общепринятых методик, применяемых на практике. Для каждого исследования выбирается подход, обусловленный выбором показателей и их количества при расчетах различных экологических индексов с учетом ограниченного набора измеряемых параметров и показателей морской среды.

Индекс трофности воды *E-TRIX* [2] является интегральным комплексным показателем, связанным с характеристиками первичной продукции фитопланктона (содержание фотосинтетических пигментов, в основном хлорофилла *a*) и концентрацией биогенных веществ.

Преимущество *E-TRIX* перед многими другими показателями, с помощью которых также можно оценить качество воды, заключается в том, что для расчетов применяются стандартные характеристики гидрохимического и гидробиологического мониторинга. Это позволяет корректно проводить сравнительный анализ экологического состояния вод различных морских акваторий по уровню их трофности.

В различных работах авторами используется индекс *E-TRIX*, расчет которого выполняется по данным мониторинговых наблюдений для различных мелководных акваторий: взморья Адриатического и Тирренского морей [3, 4], отдельных заливов Мраморного моря [5], шельфовой зоны северо-восточной части Черного моря [6], Придунайского района, Болгарского взморья, Одесского залива северо-западной части Черного моря [7, 8], Севастопольского взморья [9, 10].

В работе [9] проведен расчет индекса *E-TRIX* по данным ежемесячного гидрохимического мониторинга, а также материалов наблюдений за концентрацией хлорофилла *a* с февраля 2002 г. по ноябрь 2003 г. в районе мидийной фермы, расположенной у выхода из Севастопольской бухты.

Однако не всегда натурные наблюдения выполнены в достаточном количестве в разных точках пространства. Применение математического моделирования позволяет не только восполнить пробелы в точках отсутствия натуральных данных, но и осуществить модельную оценку состояния экосистемы в условиях изменчивости ее компонентов. Кроме того, математическое моделирование позволяет получить прогноз эволюции экосистемы при взаимном влиянии природно-климатических и антропогенных факторов.

В работе [4] было проведено сравнение индекса *E-TRIX*, рассчитанного по данным многолетнего мониторинга для района Адриатического моря, с соответствующим индексом, полученным по результатам моделирования с помощью биогеохимической модели, и показана их сопоставимость.

Основная цель настоящей работы – проведение сравнительного анализа состояния вод Севастопольской и Южной бухт по индексу трофности *E-TRIX* с использованием биогеохимических параметров, рассчитанных по модели качества воды. Следует отметить, что модельные расчеты биогеохимических процессов проводятся для акватории Севастопольской бухты (которая включает в себя и акваторию Южной бухты).

Севастопольская бухта представляет собой полузамкнутую акваторию, ориентированную в широтном направлении с востока на запад, характеризу-

ящуюся затрудненным водообменом с открытой (менее загрязненной) частью моря. Бухта отличается мелководностью и интенсивной антропогенной нагрузкой, в том числе связанной со стоком реки Черная (рис. 1).

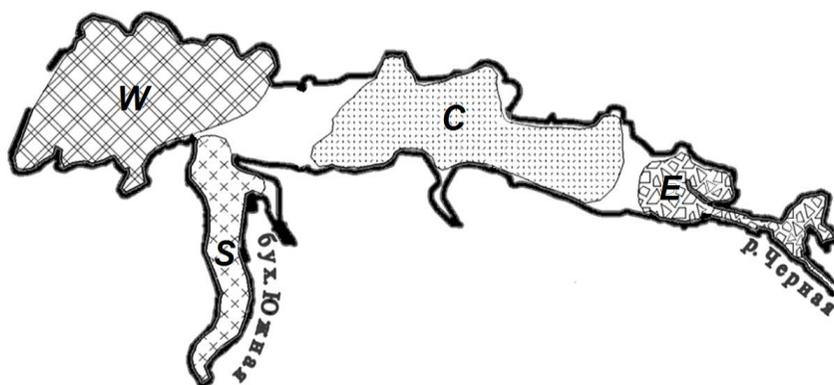


Рис. 1. Районирование Севастопольской бухты по уровню загрязнения воды (согласно работе [11]): районы слабого (*W*), умеренного (*E*), сильного (*C*) и очень сильного (*S*) загрязнения

Как акватория активного хозяйственного использования бухта фактически выполняет роль резервуара, в который поступают промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды, а также ливневые воды с площади водосбора. Ежедневно в бухту сбрасывается до 10 – 15 тыс. м³ неочищенных или условно-чистых вод, с которыми в акваторию попадает широкий спектр загрязняющих веществ в концентрациях, значительно превышающих допустимые нормы [11].

В зависимости от локализации источников загрязнения, морфометрии и гидрометеорологических условий в Севастопольской бухте образуются как относительно «чистые» зоны, так и зоны устойчиво высокого уровня загрязнения (например, Южная бухта).

В работе [11] акватория Севастопольской бухты была разделена на четыре района. Географически зоной слабого загрязнения является западный район (*W*), умеренного – восточный (*E*). К зоне сильного загрязнения отнесена центральная часть бухты (*C*). Очень сильным загрязнением, по сравнению с остальными частями бухты, отличается Южная бухта (*S*). Данное разделение носит относительный характер.

Вследствие ограниченного водообмена с основной акваторией и использования в качестве традиционного места расположения многочисленных корабельных причалов, по объему промышленных, бытовых и ливневых стоков Южная бухта занимает первое место среди других севастопольских бухт. Для ее кутовой части характерны распресненные области, при этом интенсивность распреснения вод непостоянна в течение года.

Уровень загрязненности Севастопольской бухты, в соответствии с приведенным выше районированием, на основе обработки Базы океанографических данных МГИ за 1998 – 2011 гг. для поверхностного слоя вод представлен в виде диаграмм (рис. 2).

Наиболее загрязненной вне зависимости от сезона является акватория Южной бухты. Особенно это выражено в концентрации нитратов и нитритов,

в меньшей степени аммония. Отсутствие выраженной сезонной зависимости говорит о преобладающем антропогенном характере поступающих в бухту биогенных элементов.

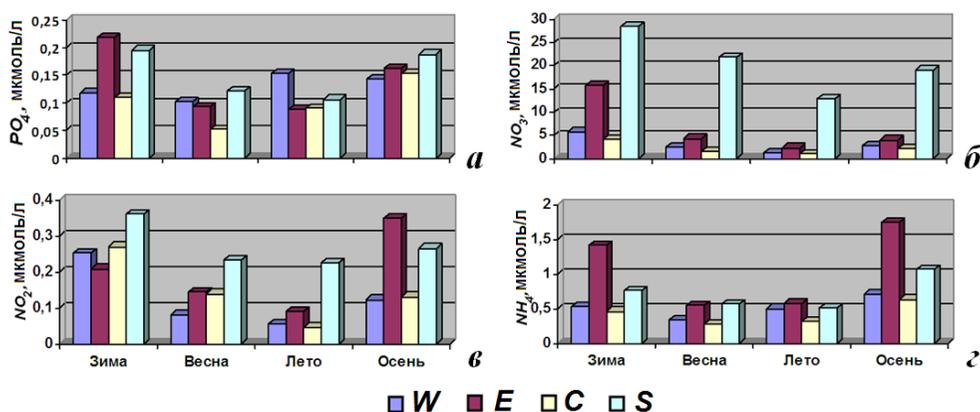


Рис. 2. Сезонное изменение содержания (мкМ/л) фосфатов (а), нитратов (б), нитритов (в), аммония (г) в водах отдельных районов Севастопольской бухты, выделенных по уровню загрязнения согласно работе [11]

Поверхностные воды Южной бухты (особенно в кутовой части) характеризуются максимальными концентрациями соединений азота. При этом по нитратам наблюдается более чем 20-кратное превышение над средними значениями, полученными для Севастопольской бухты (рис. 2) [12].

Материалы и методы исследования

Для оценки уровня трофности вод используется индекс *E-TRIX*, который является функцией содержания растворенного кислорода и концентрации общего фосфора, минеральных форм азота и хлорофилла *a* [2]. Последний показатель характеризует первичную продукцию фитопланктона.

Согласно работе [2], индекс трофности определяется по формуле

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

где *Ch* – концентрация хлорофилла *a*, мкг/дм^3 ; *D%O* – отклонение в абсолютных значениях содержания растворенного кислорода от 100%-го насыщения; *N* – концентрация растворенной формы минерального азота, мкг/дм^3 ; *P* – концентрация общего фосфора, мкг/дм^3 .

Значения индекса *E-TRIX* изменяются от 0 до 10 [2]. В зависимости от величины *E-TRIX* выделяют четыре уровня трофности: низкий (< 4); средний (4 – 5); высокий (5 – 6) и очень высокий (6 – 10).

При значениях *E-TRIX* > 6 исследуемые районы моря характеризуются высоким содержанием биогенных веществ, низкой прозрачностью и возможностью возникновения гипоксии в придонных слоях вод. И наоборот, при *E-TRIX* < 4 концентрация главных биогенных элементов незначительна, воды хорошо аэрированы по всей толще и характеризуются высокой прозрачностью [13].

Необходимые для расчета индекса *E-TRIX* данные о концентрации хлорофилла *a*, растворенного кислорода, минерального азота, общего фосфора вычислялись по одномерному варианту модели качества воды и ее блоку эвтрофикации [14].

Для Севастопольской бухты модель была откалибрована и хорошо зарекомендовала себя при расчетах гидрохимических характеристик бухты в целом и отдельных ее частей [15, 16].

В качестве входных параметров модели использовались метеоданные (скорость и направление ветра, температура воздуха, фотосинтетически активная радиация, влажность и балл облачности) и данные о годовом расходе и стоке растворенных веществ рек, впадающих в акваторию. Также использовались годовой ход прозрачности, значения температуры морской воды, солености, концентрации фитопланктона, биогенных элементов, кислорода, органического фосфора и органического азота, которые задаются на 1 января расчетного года.

Результаты исследований и их анализ

Для оценки уровня трофности вод Севастопольской бухты (включая Южную) и отдельно Южной бухты был рассчитан годовой ход химико-биологических характеристик качества воды, используемых при расчете индекса *E-TRIX*.

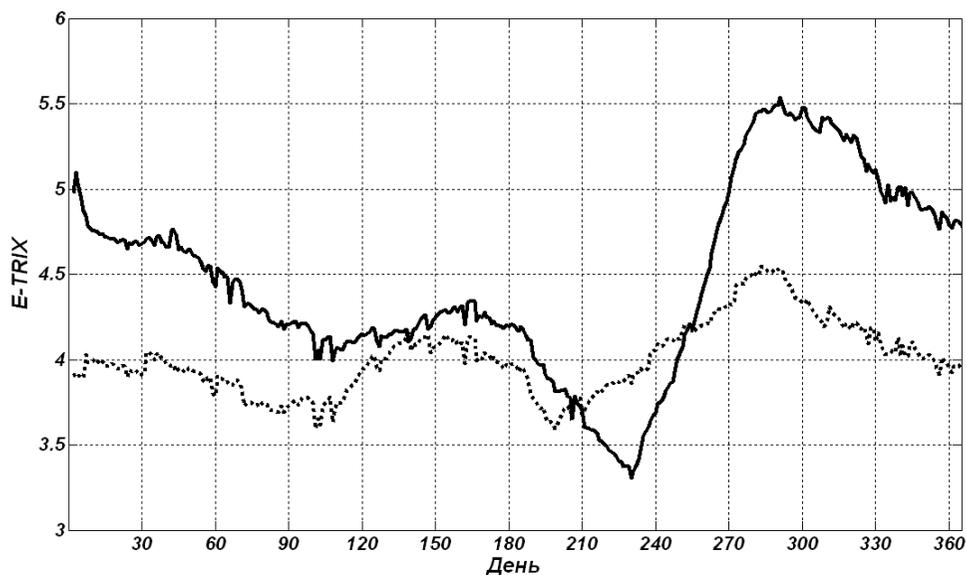


Рис. 3. Годовой ход индекса *E-TRIX* Южной (—) и Севастопольской бухты (---)

На рис. 3 представлен годовой ход индекса *E-TRIX* для Южной и Севастопольской бухт. В течение года значение *E-TRIX* изменялось от 3,30 до 5,53 для Южной и от 3,59 до 4,55 для Севастопольской бухты. В среднем показатель трофности Южной бухты ($E-TRIX_{\text{ср.}} = 4,47$) выше, чем Севастопольской ($E-TRIX_{\text{ср.}} = 4,01$). Исключение составляет период с начала июля до середины

августа (210 – 255-й расчетный день), в котором показатель трофности Южной бухты ниже, чем Севастопольской. Этот факт можно объяснить тем, что в данный период времени концентрация фосфатов в Южной бухте была меньше, чем в Севастопольской (рис. 2), что сократило количество питательных веществ и привело к снижению биомассы фитопланктона и уменьшению индекса трофности до 3,30.

Для Севастопольской бухты минимальное значение индекса (3,59) приходится на вторую половину июля (190 – 200-й день), максимальное (4,55) – на середину октября (280 – 290-й день). Для Южной бухты минимальное значение индекса (3,30) приходится на июль (230-й день), максимальное (5,53) – на начало октября (270-й день). В обоих случаях максимальная величина индекса совпадает с осенним пиком цветения фитопланктона. Второй локальный максимум приходится на весенний период цветения фитопланктона.

Таким образом, уровень трофности вод Севастопольской бухты можно охарактеризовать как переходный от низкого к среднему. С апреля по май (123 – 175-й день) и с сентября по ноябрь (238 – 353-й день) уровень трофности средний ($4 < E-TRIX < 5$). В остальные дни расчетного года уровень трофности низкий ($4 > E-TRIX$).

Воды Южной бухты относятся в основном к среднему уровню трофности ($4 < E-TRIX < 5$). Однако с середины июля до середины сентября (191 – 249-й день) уровень трофности у Южной бухты низкий ($4 > E-TRIX$), а с октября по ноябрь (272 – 330-й день) – высокий ($5 < E-TRIX < 6$).

На рис. 4 и 5 представлен годовой ход индекса $E-TRIX$ в сочетании с параметрами (концентрация хлорофилла a , общего фосфора, минерального азота и насыщение вод кислородом) в Севастопольской и Южной бухтах соответственно.

По модельным данным для Севастопольской и Южной бухт рассчитаны коэффициенты корреляции между индексом $E-TRIX$ и отклонением в абсолютных значениях содержания растворенного кислорода от 100%-го насыщения, концентрацией минерального азота, общего фосфора и хлорофилла a .

Для Севастопольской бухты наибольшие значения получены для коэффициента корреляции $E-TRIX$ с концентрацией хлорофилла a ($r = 0,89$) и отклонением в абсолютных значениях содержания растворенного кислорода от 100%-го насыщения ($r = -0,78$), что говорит о довольно хорошей связи значений индекса $E-TRIX$ с данными параметрами. С концентрацией минерального азота ($r = -0,42$) и общего фосфора ($r = 0,41$) корреляция слабая.

Для Южной бухты наибольшие значения коэффициента корреляции $E-TRIX$ с концентрацией хлорофилла a ($r = 0,89$) и минерального азота ($r = 0,66$). С концентрацией общего фосфора ($r = 0,57$) корреляция средняя, с отклонением в абсолютных значениях содержания растворенного кислорода от 100%-го насыщения ($r = -0,48$) корреляция слабая.

Отрицательная связь $E-TRIX$ с некоторыми параметрами ($D\%O$, N) хорошо видна на графиках годового хода этих величин (рис. 4 и 5).

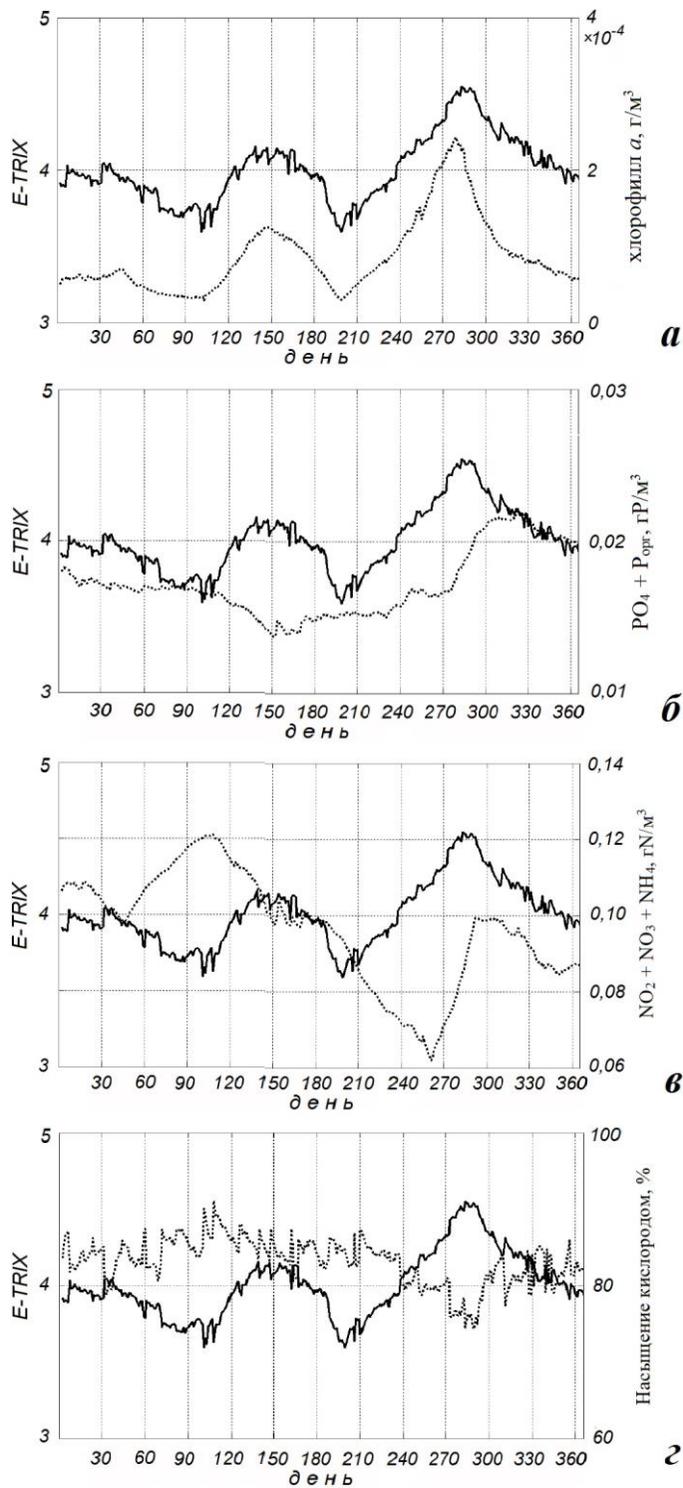


Рис. 4. Годовой ход индекса *E-TRIX* (—) и концентрации (---) хлорофилла *a* (*a*), общего фосфора (*б*), минерального азота (*в*), насыщения вод кислородом, % (*г*) в Севастопольской бухте

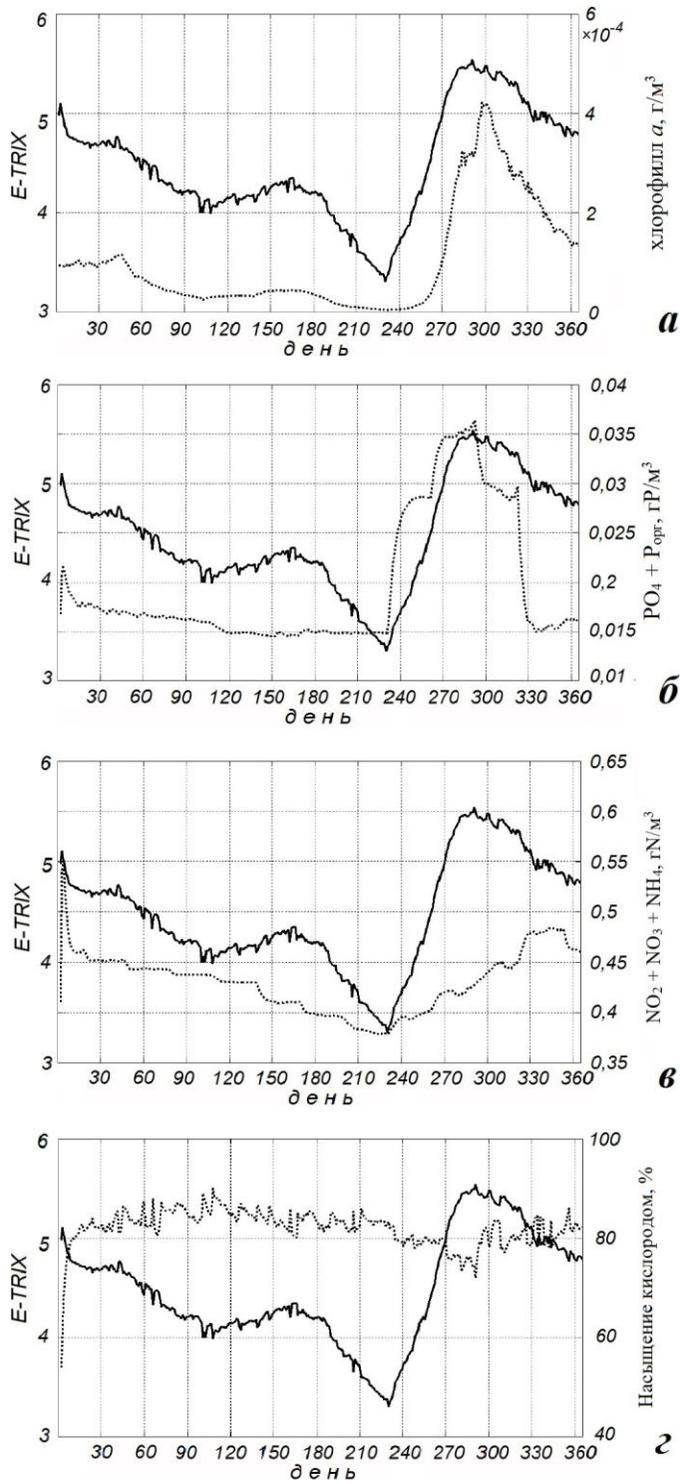


Рис. 5. Годовой ход индекса *E-TRIX* (—) и концентрации (---) хлорофилла *a* (а), общего фосфора (б), минерального азота (в), насыщения вод кислородом (г) в водах Южной бухты

Расчет относительного вклада компонентов, входящих в расчетную формулу $E-TRIX$, представлен в табл. 1 и 2. Значения $E-TRIX$ рассчитывались при последовательном исключении того или иного параметра (замены его на единицу), входящего в расчетное уравнение. При этом вклад хлорофилла Ch получился отрицательный, так как модельные значения данного параметра меньше единицы, а замена его на единицу приводит к увеличению значения действительного $E-TRIX$. Остальные параметры, входящие в формулу $E-TRIX$, имеют значения больше единицы, и исключение какого-либо из них приводит к уменьшению действительного значения $E-TRIX$.

Т а б л и ц а 1

Относительные вклады (%) компонентов формулы $E-TRIX$ для Севастопольской и Южной бухт

Компоненты формулы $E-TRIX$	Севастопольская бухта		Южная бухта	
	Диапазон значений	Среднее значение	Диапазон значений	Среднее значение
Ch	-35...-11	-24	-63...-6	-26
$D\%O$	22...28	25	19...31	24
N	35...48	41	40...65	50
P	23...28	26	19...32	24

Т а б л и ц а 2

Относительные вклады (%) компонентов формулы $E-TRIX$ для экстремальных значений индекса Севастопольской и Южной бухт

Компоненты формулы $E-TRIX$	Севастопольская бухта		Южная бухта	
	$E-TRIX_{\min}$	$E-TRIX_{\max}$	$E-TRIX_{\min}$	$E-TRIX_{\max}$
Ch	-34	-12	-62	-8
$D\%O$	24	26	31	21
N	47	35	64	40
P	28	23	29	24

Следует отметить, что при максимальном значении $E-TRIX$ (4,55) для Севастопольской бухты относительные вклады N (35 %), P (23 %) и модуль вклада Ch (12 %) были минимальны. В свою очередь, при максимальных значениях вкладов N (47 %), P (28 %), модуля вклада Ch (34 %) значение $E-TRIX$ минимально (3,59). Аналогичная ситуация наблюдается для Южной бухты: при максимальном значении $E-TRIX$ (5,53) относительные вклады N (40 %) и модуля Ch (8 %) были минимальны, и наоборот, при максимальных значениях вкладов N (64 %), $D\%O$ (31 %) и модуля Ch (62 %) значение $E-TRIX$ минимально (3,30).

Таким образом, основным фактором, определяющим уровень трофности вод Севастопольской и Южной бухт, является концентрация минеральных

форм азота. Вклады остальных компонентов, входящих в расчетную формулу *E-TRIX*, равнозначны.

Заключение

Моделирование годового хода биогеохимических параметров Севастопольской и Южной бухт и дальнейший расчет индекса *E-TRIX* показали, что в среднем более высокий уровень эвтрофикации имеет Южная бухта: $E-TRIX_{\text{ср.}} = 4,47$. В Севастопольской бухте среднее значение $E-TRIX_{\text{ср.}} = 4,01$. Максимальные значения индекса достигали 5,53 для Южной и 4,55 для Севастопольской бухты. Уровень трофности вод Севастопольской бухты можно охарактеризовать как переходный от низкого к среднему, а Южной – в основном как средний.

Отдельно выделяется ситуация, когда показатель трофности Южной бухты становится ниже, чем Севастопольской: с начала июля до середины августа (210 – 255-й расчетный день года). Это может наблюдаться, когда уровень концентрации фосфатов – основных лимитирующих биогенных элементов – в Севастопольской бухте выше, чем в Южной.

При оценке связи значений индекса *E-TRIX* с его параметрами получено, что наибольшая корреляция наблюдается с концентрацией хлорофилла *a* ($r = 0,89$) и отклонением в абсолютных значениях содержания растворенного кислорода от 100%-го насыщения ($r = -0,78$) для вод Севастопольской бухты. Для вод Южной бухты – наибольшая корреляция *E-TRIX* с концентрацией хлорофилла *a* ($r = 0,89$) и минерального азота ($r = 0,66$).

Расчет относительного вклада компонентов, входящих в расчетную формулу *E-TRIX*, показал, что основным фактором, определяющим уровень эвтрофикации вод Севастопольской и Южной бухт, является концентрация минеральных форм азота. Вклады остальных компонентов, входящих в расчетную формулу *E-TRIX*, равнозначны.

Работа выполнена в МГИ РАН в рамках государственного задания по теме 0827-2014-0010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Coastal Lagoons in Europe: Integrated Water Resource Strategies* / Ed. by A.I. Lillebø, P. Stålnacke, G.D. Gooch – London: IWA Publishing, 2015. – 256 p. – doi:10.2166/9781780406299
2. *Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanari G. et al.* 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. – 2, Iss. 3. – P. 329 – 357. – doi:10.1002/(SICI)1099-095X(199805/06)9:3<329::AID-ENV308>3.0.CO;2-9
3. *Giovanardi F., Vollenweider R.A.* Trophic conditions of marine coastal waters: experience in applying the Trophic Index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian seas // *J. Limnol.* – 2004. – 63, No. 2. – P. 199 – 218. – <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2004.199>
4. *Fiori E., Zavatarelli M., Pinardi N. et al.* Observed and simulated trophic index (TRIX) values for the Adriatic Sea basin // *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* – 2016. – 16, Iss. 9. – P. 2043 – 2054. – doi:10.5194/nhess-16-2043-2016

5. *Balkis N., Toklu-Aliçli B., Balci M.* Evaluation of Ecological Quality Status with the Trophic Index (TRIX) Values in the Coastal Waters of the Gulfs of Erdek and Bandırma in the Marmara Sea // *Ecological Water Quality – Water Treatment and Reuse / Ed. by Dr. Voudouris.* – Rijeka: InTech, 2012. – P. 3 – 22. – doi:10.5772/33698
6. *Романова Н.Д., Часовников В.К., Арашкевич Е.Г. и др.* Оценка состояния экосистемы шельфово-склоновой зоны северо-восточной части Черного моря на основе индекса трофности (TRIX) // *Океанология.* – 2016. – 56, № 1. – С. 120 – 124. – doi:10.7868/S0030157416010159
7. *Орлова И.Г., Павленко Н.Е., Украинский В.В. и др.* Состояние эвтрофированности вод северо-западной части Черного моря по результатам многолетнего комплексного мониторинга // *Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. – Вып. 15. – С. 32 – 43.
8. *Тучковенко Ю.С., Иванов В.А., Сапко О.Ю.* Оценка влияния береговых антропогенных источников на качество вод Одесского района северо-западной части Черного моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – 169 с.
9. *Куфтаркова Е.А., Губанов В.И., Ковригина Н.П. и др.* Экологическая оценка современного состояния вод в районе взаимодействия Севастопольской бухты с прилегающей частью моря // *Морской экологический журнал.* – 2006. – 5, № 1. – С. 72 – 91.
10. *Губанов В.И., Мальченко Ю.А., Куфтаркова Е.А. и др.* Диагноз современного состояния вод Севастопольского взморья (Черное море) по результатам мониторинга гидрохимических характеристик // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. – Вып. 10. – С. 141 – 148.
11. *Иванов В.А., Овсяный Е.И., Репетин Л.Н. и др.* Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – 90 с. – (Препринт / МГИ НАНУ).
12. *Совга Е.Е., Мезенцева И.В., Хмара Т.В., Слепчук К.А.* О перспективах и возможностях оценки самоочистительной способности акватории Севастопольской бухты // *Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – Вып. 28. – С. 153 – 164.
13. *Moncheva S., Doncheva V.* Eutrophication index ((E) 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.
14. *Иванов В.А., Тучковенко Ю.С.* Прикладное математическое моделирование качества вод шельфовых морских экосистем. – Севастополь, 2006. – 368 с.
15. *Слепчук К.А.* Моделирование годовой динамики фитопланктона и биогенных элементов в акватории Севастопольской бухты с применением оптимизационного метода калибровки биогеохимической модели // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – Вып. 28. – С. 231 – 236.
16. *Иванов В.А., Мезенцева И.В., Совга Е.Е. и др.* Оценка самоочищающей способности экосистемы Севастопольской бухты по отношению к неорганическим формам азота // *Процессы в геосредах.* – 2015. – № 2 (2). – С. 55 – 65. – URL: [http://www.geomediacenter.ru/media/PGM_2\(2\)_2015.pdf](http://www.geomediacenter.ru/media/PGM_2(2)_2015.pdf) (дата обращения: 10.04.2017).

Comparative assessment of the trophic level of the Sevastopol and South bays using E-TRIX index

K. A. Slepchuk*, T. V. Khmara, E. V. Man'kovskaya

Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russian Federation

**e-mail: skira@mhi-ras.ru*

The ecological state of the Sevastopol Bay and the South Bay is compared by their trophic level using the E-TRIX index. E-TRIX is defined by four state variables, which are strongly correlated with primary production: chlorophyll a, oxygen as absolute % deviation from saturation, dissolved inorganic nitrogen, and total phosphorous. The annual dynamics of biogenic elements is calculated; the one-dimensional water quality model, which has been calibrated for the referred water areas, is used. The annual E-TRIX index variations in the bays are compared; the correlation coefficients between E-TRIX and its parameters are calculated; the contributions of E-TRIX variables are estimated.

The annual variation of biogeochemical parameters in the Sevastopol and South bays has been simulated and E-TRIX index has been estimated. The calculations have showed that on the average the South Bay has higher trophic level: the average E-TRIX index equals 4.47. In the Sevastopol Bay, the average E-TRIX value equals 4.01. The maximum values of the index have reached 5.53 for the South Bay and 4.55 for the Sevastopol Bay. However, when the level of phosphates concentration, that are the main limiting nutrient elements, in the Sevastopol Bay is higher than in the South Bay (from early July to middle August), the trophic index in the South Bay is lower than in the Sevastopol Bay.

The relative contribution of components in the E-TRIX index has been estimated. It has been revealed that the main factor determining the trophic level in the Sevastopol and South bays water is the concentration of dissolved inorganic nitrogen. The contributions of the other components in the E-TRIX index are equivalent.

Keywords: trophic level, E-TRIX index, water quality model, the Sevastopol Bay, the South Bay.