

УДК 551.462.32

И.Д.Лоева, В.В.Украинский, И.Г.Орлова, С.П.Ковалишина

Украинский научный центр экологии моря, г.Одесса

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Представлены результаты мониторинговых исследований экологического состояния северо-западной части Черного моря, проведенных УкрНЦЭМ в период 2000 – 2012 гг. Выполнена оценка степени эвтрофикации и загрязнения токсичными веществами вод и донных отложений шельфа по химическим и биологическим показателям. Выявлена тенденция к снижению уровня трофности и улучшению качества морских вод в районах, удаленных от устьевых зон (относительно периода эвтрофикации 70-х – 80-х гг. прошлого столетия). Отмечен относительно высокий уровень химического загрязнения донных отложений по целому ряду показателей (нефтяные углеводороды, линдан, полихлорированные бифенилы, отдельные токсичные металлы).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *северо-западная часть Черного моря, эвтрофикация, биогенные вещества, фитопланктон, индекс трофности, загрязняющие вещества.*

В конце прошлого столетия экосистема Черного моря и, в первую очередь, его северо-западной части (СЗЧМ) подверглась значительной трансформации под влиянием антропогенной нагрузки и изменения природных климатических факторов. Превышение объемов поступления различных загрязняющих веществ (ЗВ), в том числе биогенных веществ (БВ), над ассимиляционной емкостью морской экосистемы привело к загрязнению морских вод и донных отложений, развитию широкомасштабных явлений эвтрофикации и гипоксии, появлению сероводородных зон и, в целом, к деградации биоценозов.

В последнее десятилетие отмечены отдельные признаки оздоровления экосистемы моря, что связано, очевидно, с защитными мерами, предпринятыми на государственном и межгосударственном уровнях [1]. Однако, априори, можно предположить, что в современных условиях интенсификации морехозяйственной деятельности уровень антропогенной нагрузки будет увеличиваться.

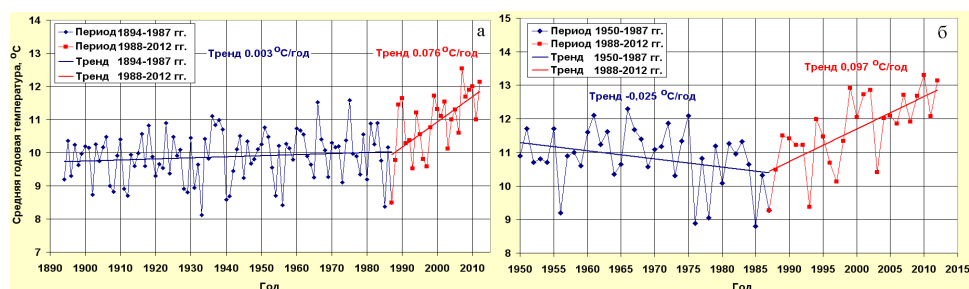
Исходя из важности этого направления исследований, в работе была поставлена задача провести комплексный анализ экологического состояния СЗЧМ на основе современных (2000 – 2012 гг.) мониторинговых данных УкрНЦЭМ с привлечением гидрометеорологической информации ГМС «Одесса-порт».

Результаты и обсуждение. Изменения в экосистеме СЗЧМ, как правило, отмечаются на фоне климатических изменений, которые в значительной мере оказывают влияние на формирование режима стока рек, термохалинного и динамического состояния вод и, в целом, на морскую экосистему [2].

Современный температурный режим по данным ГМС «Одесса-порт» характеризуется фазой повышения средней годовой температуры воздуха и воды, с линейным трендом 0,076 и 0,097 °С/год соответственно (рис.1). Эта тенденция отмечается как в холодный, так и в теплый период года.

В августе 2010 г. в водах СЗЧМ наблюдались аномально высокие значения температуры воды (30 – 31 °С), а средняя месячная температура (26,5 °С) была максимальной за последний 30-ти летний период.

© И.Д.Лоева, В.В.Украинский, И.Г.Орлова, С.П.Ковалишина, 2013



Р и с . 1 . Динамика изменения средней годовой температуры воздуха (а) и морской воды (б) в Одесском регионе (по данным ГМС «Одесса-порт»).

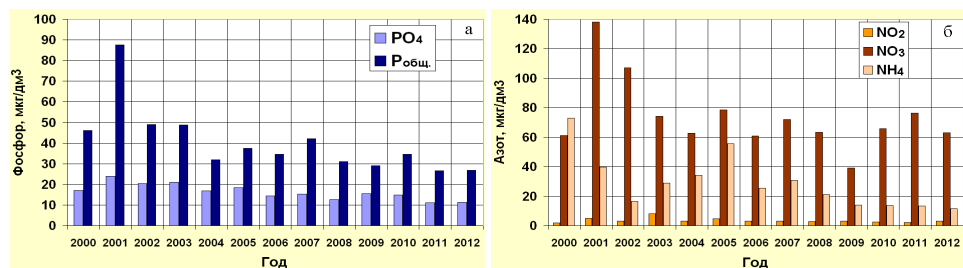
Сток Дуная с 1995 г. находится на фазе повышения, за исключением 2011 – 2012 гг., когда он значительно уменьшился (на 39,1 и 40,6 км³/год соответственно) относительно среднего многолетнего (207,3 км³/год за период 1947 – 2012 гг.). Сток Днепра в последнее десятилетие, в отличие от Дуная, уменьшается, в среднем составив 41,1 км³/год.

Сток основных рек и температура оказывают основное влияние на формирование трофности водоема.

Для оценки степени эвтрофикации вод, наибольший интерес представляет количественные и качественные показатели биогенной нагрузки, основным источником которой является биогенный сток рек. В 2012 г. биогенная нагрузка только Килийской дельты Дуная составила: фосфатов 6,0 тыс. т/год; общего фосфора 16,5 тыс. т/год; нитритов 5,2 тыс. т/год; нитратов 210,0 тыс. т/год; аммонийного азота 24,7 тыс. т/год; общего азота 423,3 тыс. т/год.

В многолетней изменчивости биогенного стока Дуная в современный период отмечается тенденция уменьшения поступления общего фосфора, нитритного, аммонийного и, в меньшей степени, общего азота, что отразилось на содержании БВ в водах Одесского региона (рис.2).

Максимальный уровень содержания БВ за весь период наблюдений отмечен в районах стока рек и локальных прибрежных областях с повышенной антропогенной нагрузкой. Так, в период 2009 – 2010 гг. на взморье Дуная зарегистрированы максимальные концентрации БВ: фосфатов (97 мкг/дм³), общего фосфора (275 мкг/дм³), нитритов (99 мкг/дм³), аммонийного азота (311 мкг/дм³), нитратов (1970 мкг/дм³), общего азота (2485 мкг/дм³). В Одесском заливе, в районах сброса дренажных, промышленно-бытовых сточных вод, концентрация нитратного азота достигала 5800 мкг/дм³.



Р и с . 2 . Динамика изменения среднего годового содержания фосфора (а) и минеральных форм азота (б) в поверхностных водах Одесского региона.

В центральном районе СЗЧМ, в районе филофорного поля Зернова (ФПЗ), содержание БВ было значительно меньше, и их максимальные концентрации в летний период 2009 и 2012 гг. не превышали: фосфатов $27,6 \text{ мкг/дм}^3$; общего фосфора $82,0 \text{ мкг/дм}^3$; нитритов $1,9 \text{ мкг/дм}^3$; аммонийного азота $27,5 \text{ мкг/дм}^3$; нитратов $17,7 \text{ мкг/дм}^3$; общего азота 380 мкг/дм^3 .

Эвтрофикация и связанное с ней нарушение кислородного режима являются одними из наиболее неблагоприятных факторов в жизнедеятельности экосистемы СЗЧМ. Ежегодное нарушение кислородного режима в глубинных водах существенно разрушает экосистему обширного мелководного шельфа. Процесс, активно начавшийся в 70-х гг., продолжается и в настоящее время.

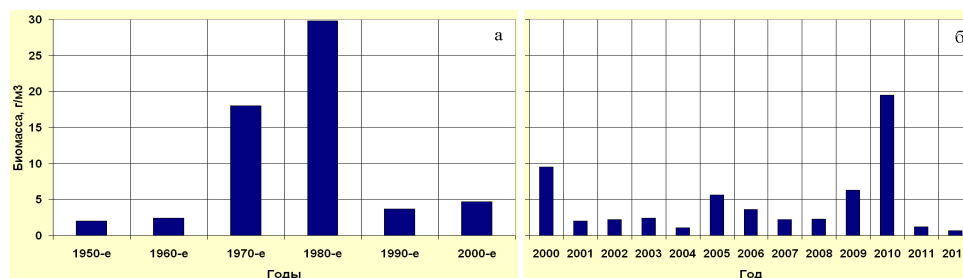
В период 2008 – 2012 гг. содержание растворенного в воде кислорода – индикатора процессов продукции/деструкции органического вещества и степени эвтрофированности вод – в поверхностном слое СЗЧМ изменялось в пределах от $4,9$ до $16,2 \text{ мг/дм}^3$ ($64,7$ – 137 % насыщения). В придонных слоях отмечены локальные области с гипоксией явлениями (Дунайское взморье в июле 2009 и 2010 гг., ноябре 2011 г. и Одесский залив в районе дампинга грунта п.Ильичевск в ноябре 2012 г.).

В районе ФПЗ в придонном слое на глубинах примерно 30 м дефицит кислорода ($32,5$ % насыщения) отмечен в июле 2007 г. В последующий период (лето – осень 2008, 2009 и 2012 гг.) зарегистрированы значения на уровне не менее $77,6$ % насыщения, что свидетельствует об улучшении кислородного режима придонных вод района ФПЗ после придания ему статуса ботанического заказника общегосударственного значения (2008 г.).

Изменения гидрофизических свойств и гидрохимического состава морской воды вызвали изменения в структуре и развитии морских биоценозов, в первую очередь, фитопланктонных. Последние очень быстро реагирует на любые изменения окружающей среды и является хорошим экологическим индикатором состояния водной среды.

О снижении уровня эвтрофированности вод СЗЧМ свидетельствует также уменьшение биомассы фитопланктона в последние два десятилетия (рис.3, а).

В отдельные годы, из-за значительных колебаний антропогенных и природных факторов (пресного и биогенного стока рек, температурного режима вод), количественные показатели фитопланктона приближались к уровню 70-х гг. (рис.3, б). Так, в Одесском заливе в июле 2010 г. отмечена вспышка



Р и с . 3 . Динамика изменения биомассы фитопланктона средней по десятилетиям (а) и средней по годам (б).

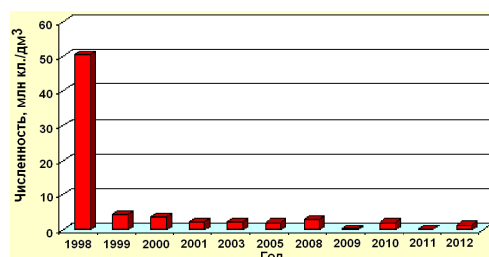


Рис. 4. Динамика изменения численности *Skeletonema costatum* в водах Одесского залива (февраль – март).

составляла 50,6 млн. кл./дм³, то в 2000-е гг. она резко уменьшилась. Наблюдавшееся ранее почти круглогодичное «цветение», сократилось, а летнее «цветение» данного вида было отмечено только в июле 2010 г. (2,1 млн кл./дм³).

Большое видовое разнообразие микроводорослей (102 вида и разновидностей с комплексом пресноводного и солоноватого генезиса) отмечено в водах Дунайского взморья. В последние годы в летний период максимальная численность составляла 33,48 млн. кл./дм³, биомасса 61,56 г/м³. Эти показатели свидетельствуют о высокой трофности вод придунайского региона и склонности к процессу «цветения» практически во все сезоны года.

Повышенный уровень эвтрофированности вод в устьевых районах и вблизи одесского побережья подтверждается величинами интегрального показателя трофности *E-TRIX*. В соответствии с этим показателем трофность вод СЗЧМ уменьшается по мере удаления от устьевых зон моря, а качество вод изменяется от «плохого» и «посредственного» до «хорошего» (рис.5).

Воды западной части шельфа, подверженные влиянию речного стока, характеризуются наиболее высоким уровнем трофности. В отдельных случаях в районе дунайского взморья показатель *E-TRIX* достигал значений, превышающих 6 – 7 ед.

Динамика изменения величины индекса *E-TRIX*, на примере Одесского залива, подтверждает отмеченную ранее по отдельным гидрохимическим и гидробиологическим показателям тенденцию уменьшения уровня эвтрофикации вод шельфа (рис.5, б).

Многолетняя эксплуатация морской среды в качестве резервуара для захоронения отходов привели к хроническому химическому загрязнению и

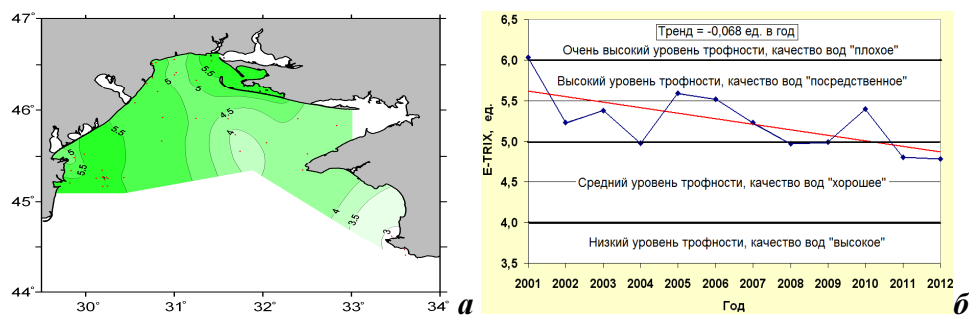


Рис. 5. Пространственное распределение индекса *E-TRIX* в поверхностных водах СЗЧМ (а) и динамика его изменения в водах Одесского региона (б).

формированию неблагоприятной экотоксикологической ситуации фактически по всему побережью Черного моря Украины. В этой связи проблема загрязнения морской среды токсичными веществами СЗЧМ наряду с эвтрофикацией не менее актуальна [5].

Спектр выявленных в воде и донных осадках токсичных ЗВ весьма широк, и включает большую часть веществ, контроль за содержанием которых в Черном море предусмотрен Бухарестской Конвенцией (нефтяные углеводороды (НУ), хлорированные углеводороды, тяжелые металлы).

На украинском участке черноморского шельфа, в том числе и в открытой части СЗЧМ, число случаев обнаружения ЗВ в пробах донных осадков близко к 100 %.

За период наблюдений средний многолетний уровень наиболее распространенных ЗВ в донных осадках составил 8,9 мг/кг и 8,2 мкг/кг сухого веса для НУ и 3,4-БП соответственно. Средние многолетние концентрации линдана, ДДТ, ДДЭ, ДДД и ПХБ составили: 0,7; 2,2, 0,4; 2,6; и 17,2 мкг/кг сухого веса соответственно. Сравнение этих величин со стандартами, принятыми в странах ЕС, показало, что все они ниже критических концентраций для Черного моря. Однако в наиболее загрязненных районах (Дунайский, Одесский регионы) в отдельных случаях концентрации нефтяных и хлорированных углеводородов превышают уровень стандартов, предлагаемых для Черного моря. Так, в отдельных районах Одесского мегаполиса концентрации в водной среде ДДТ, линдана, ртути, железа, цинка, меди превышали ПДК в 1,5 – 2 раза, концентрации цинка доходили до «критического» уровня 45 мкг/дм³, на порядок превышали ПДК (3,0 мкг/дм³). Концентрации НУ в донных осадках, включая акваторию Одесского порта, находится пределах 240 – 19380 мг/кг сухого веса, что соответствует уровню загрязнения, при котором отмечается деградация донных биоценозов. В значительной степени загрязнены донные осадки приустьевой зоны Дуная, где средний многолетний уровень нефтяного загрязнения в несколько раз выше, чем в других районах СЗЧМ. В районе ФПЗ уровень загрязнения по большинству ЗВ не превышает предельно-допустимую норму.

Относительно высокое содержание ароматических и полиароматических углеводородов в донных осадках, наблюдающееся, практически, на всех станциях в импактных районах СЗЧМ, указывает на хронический характер нефтяного загрязнения. При этом отношение пристан/фитан, близкое к единице, свидетельствует об антропогенном происхождении углеводородов.

Выводы. Приведенные данные позволяют судить, что в последнее десятилетие отмечена тенденция уменьшения уровня трофности вод СЗЧМ как по уровню содержания БВ и количественным показателям фитопланктона, так и по величинам интегрального показателя трофности *E-TRIX*. За последние пять лет высоким уровнем трофности вод характеризовался лишь 2010 г., который и по гидрометеорологическим и гидрологическим показателям отмечен как аномальный.

Однако в результате сохраняющегося высокого уровня антропогенной нагрузки и значительных межгодовых и климатических колебаний природных факторов (стока рек, осадков, ветрового и температурного режимов)

могут возникать неблагоприятные условия для функционирования экосистемы СЗЧМ, как это было отмечено в 2010 г.

Сохраняется относительно высокий уровень химического загрязнения морской среды по целому ряду показателей (нефтяные углеводороды, полициклические ароматические углеводороды, линдан, полихлорированные бифенилы, отдельные токсичные металлы). Увеличение антропогенной загрузки, связанной с развитием добычи углеводородных ресурсов шельфа и глубинной части моря вызывают опасение, что локальные проблемы токсического загрязнения могут получить региональный масштаб. Прежде всего, это касается нефтяного загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лосева І.Д., Павленко М.Ю., Орлова І.Г., Коморін В.М. Політика України з охорони природного середовища Чорного моря // Причорноморський екологічний бюллетень.– 2008.– № 4(30).– С.7-13.
2. Украинский В.В., Гончаренко Н.Н. Межгодовые изменения и тенденции в эвтрофикации вод Одесского региона северо-западной части Черного моря // Український гідрометеорологічний журнал.– 2010.– № 7.– С.211-219.
3. Грандова М.А., Ковалишина С.П., Украинский В.В., Калошина Н.С. К вопросу о цветении *Nodularia sputigena* в прибрежных водах Одесского региона // Тр. міжнар. наук.-практ. конф. «Екологічні проблеми Чорного моря» (Одеса, 28-29 жовтня, 2010).– Одеса: ОЦНТЕІ, 2010.– С.317-319.
4. Loyeva I., Komorin V., Ukrainskiy V., Popov Y., Orlova I., Kovalyshyna S. Influence of Climate Change to the Northwestern Black Sea Region // 3rd Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project joint Conference (Odessa, Ukraine, 1-4 November 2011).– Odessa, 2011.– P.177-178.
5. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана.– Л.: Гидрометеоиздат, 1989.– 528 с.

Матеріал поступив в редакцію 21.07.2013 г.

АНОТАЦІЯ Представлені результати моніторингових досліджень екологічного стану північно-західної частини Чорного моря, проведених УкрНЦЕМ в період 2000 – 2012 рр. Виконана оцінка ступеня евтрофікації і забруднення токсичними речовинами вод і донних відкладень шельфу за хімічними та біологічними показниками. Виявлена тенденція до зниження рівня трофності і поліпшенню якості морських вод в районах, віддалених від гирлових зон (щодо періоду евтрофікації 70-х – 80-х рр. минулого століття). Відзначений відносно високий рівень хімічного забруднення донних відкладень з цілого ряду показників (нафтові вуглеводні, линдан, поліхлоровані біфеніли, окремі токсичні метали).

ABSTRACT Results of the monitoring studies of the ecological state of the north-western part of the Black Sea, provided by UkrSCES during 2000-2012 were presented. Assessments of the degree of eutrophication, shelf water pollution and sediment contamination from toxic chemicals were performed using chemical and biological indicators. Individual and complex indicators showed tendencies of quality improvement and reduction of trophy level of the sea waters of the shelf in the areas distant from the river deltas comparing to the period of 1970-1980's. A relatively high level of chemical contamination of sediments retains by a range of indicators (petroleum hydrocarbons, lindane, the polychlorinated biphenyls and some heavy metals).