

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НОРМИРОВАНИЯ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ИМПАКТНЫХ РАЙОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ПРИМЕРЕ ДНЕПРОВСКОГО ЛИМАНА И АКВАТОРИИ ПОРТА ОДЕССА

Е. Е. Совга¹, И. В. Мезенцева², С. П. Любарцева¹

¹Морской гидрофизический институт НАН Украины (МГИ НАНУ)

²Морское отделение УкрНИГМИ

Современный уровень загрязнения прибрежных черноморских акваторий, в особенности импактных районов, к которым относятся Днепровский лиман и акватория п. Одесса, требует принятия эффективных природоохранных мероприятий с целью восстановления природного ресурсного потенциала. Важным в этом случае является строгое нормирование сбросов загрязняющих веществ с учетом способности водных экосистем к самоочищению. Такое нормирование может быть выполнено на основе расчета ассимиляционной емкости экосистемы в отношении приоритетного загрязняющего вещества или их группы. Ассимиляционная емкость является интегральной величиной, количественно характеризующей способность морской экосистемы к самоочищению в результате биологических, гидрофизических, гидрохимических процессов.

На основе многолетних мониторинговых исследований качества вод Днепровского лимана и акватории порта Одесса выявлено, что приоритетными для указанных акваторий загрязняющими веществами являются нефтепродукты и фенолы. В работе выполнена сравнительная оценка интегрального времени элиминации загрязняющих веществ через изменение их валового содержания в воде, а также оценена ассимиляционная емкость как показатель самоочищающей способности экосистем исследуемых акваторий в отношении нефтепродуктов и фенолов.

Ключевые слова: экологическое состояние, акватория, экосистема, Днепровский лиман, порт Одесса, нефтепродукты, фенолы, нормирование сбросов, ассимиляционная емкость

Введение

Выбранные для исследования акватории Днепровского лимана и Одесского порта, несмотря на существенное различие морфометрических характеристик, отражают основные физико-химические условия формирования уровня загрязнения морских экосистем, присущие импактным зонам Черного моря. Таким зонам свойственно чрезвычайно высокое загрязнение вод и донных отложений, обусловленное интенсивной антропогенной нагрузкой, в т. ч. активной работой водного транспорта, сбросами расположенных на побережье промышленных и коммунальных предприятий, ливневыми стоками с городских и сельскохозяйственных площадей, поступающими как непосредственно в акваторию, так и опосредованно с речными водами.

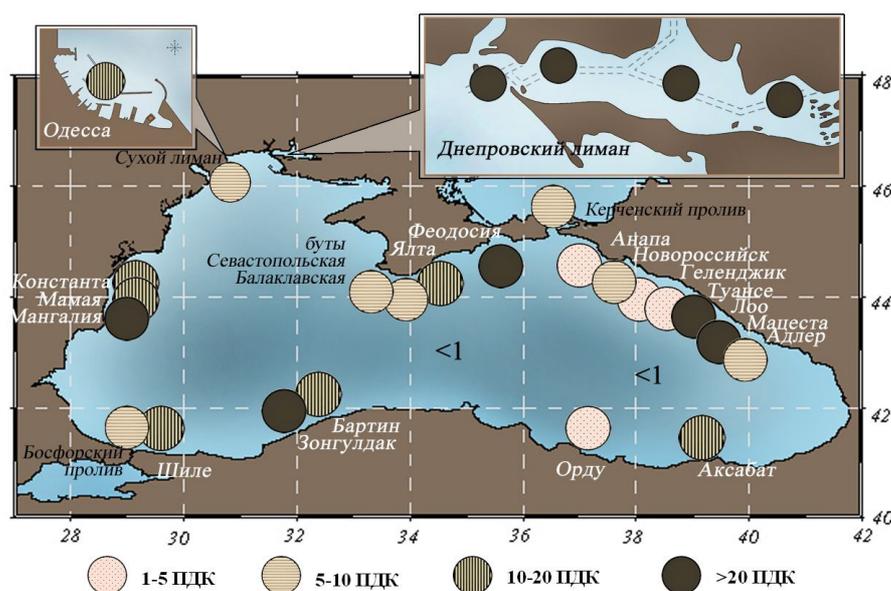


Рисунок 1 – Карта-схема распределения максимального превышения ПДК по содержанию нефтяных углеводородов в водах прибрежных районов Черного моря в 1996 - 2006 годах [2, 5, 11]

К примеру, по данным Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution [11] содержание нефтепродуктов (НП) в водах целого ряда прибрежных районов Черного моря (рис. 1) значительно превышает как фоновый уровень, характерный для менее загрязненной центральной части моря, так и предельно допустимую концентрацию (ПДКНП = 0,05 мг/дм³).

Для экологического благополучия импакт-

ных зон на фоне интенсивной антропогенной нагрузки и затрудненного водообмена с открытой менее загрязненной частью моря угрозу представляет не только высокое содержание загрязняющих веществ (ЗВ), но и возникновение там полей «хронического» загрязнения. Суммарное воздействие факторов малой интенсивности (доз устойчивых длительно действующих химических соединений) уже сейчас вызвало деградацию целого ряда прибрежных районов, биотической компоненты и в границах экосистем, и на сопредельных акваториях, снижая их рекреационный или рыбохозяйственный потенциал.

Основная часть

Согласно комплексной оценке качества вод, показанной в работах [6, 7], выбранные для исследования акватории Днепровского лимана и порта Одесса в 1996 - 2006 гг. характеризовались как загрязненные, грязные или очень грязные, что соответствует IV - VI классам качества вод (ККВ) (рис. 2).

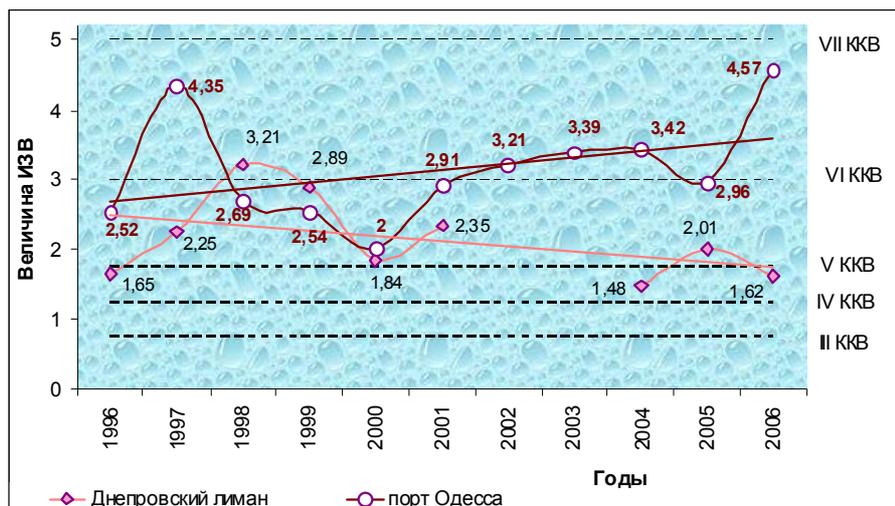


Рисунок 2 – Изменение величины ИЗВ и соответствия ККВ морских вод акваторий Днепровского лимана и порта Одесса в 1996 - 2006 годах

1999 гг., когда ИЗВ, достигая величин 3,21 и 2,89, относил их к категории очень грязных. Вместе с тем расчет ИЗВ не только показал критическое состояние рассматриваемых морских экосистем, но и позволил оценить приоритетность отдельных показателей качества. Так для акватории Днепровского лимана в целом за указанный период наблюдений основная роль в формировании величины ИЗВ принадлежала НП. Соотношение НП - фенолы - детергенты - кислород в % от величины ИЗВ составило 71 - 17 - 2 - 10. Ведущую роль в формировании величины ИЗВ для акватории порта Одесса играли фенолы. Соотношение НП - фенолы - детергенты - кислород для этого района составило 27 - 57 - 11 - 5 %. Однако, в отдельные годы нефтяное загрязнение портовых вод достигало и даже превышало уровень фенольного. Так, в 1996 и 1997 гг. доля НП составляла 35 и 44 % от величины ИЗВ соответственно. Более того, именно значительное нефтяное загрязнение акватории порта Одесса в 1997 г. (до 8 ПДК) обусловило высокое значение ИЗВ (4,35) и соответствие VI классу качества с характеристикой морских вод как очень грязные.

Рассмотрение пространственно-временного изменения содержания НП и фенолов (сумма) как приоритетных показателей качества вод акваторий Днепровского лимана и порта Одесса за период 1996 - 2006 гг. явилось первым шагом на пути к оценке способности указанных экосистем к самоочищению и нормированию сбросов ЗВ.

Массив данных, проанализированный в работе, представлен результатами наблюдений за содержанием ЗВ: в водах Днепровского лимана – 2,2 тыс. определений, в водах акватории порта Одесса – 3 тыс. определений.

Схемы расположения станций гидрохимического мониторинга в акватории Днепровского лимана и порта Одесса в 1996 - 2006 гг. представлены на рис. 3.

В 1996 - 2006 гг. в водах Днепровского лимана максимальное содержание НП и фенолов превышало ПДК в 28 и 22 раза соответственно (ПДК_{НП} см. выше, ПДК_{фенолы} = 1 мкг/дм³). За период исследований в указанном районе 80 - 83 % от общего количества определений НП достигали или превышали ПДК. Превышение ПДК для фенолов отмечалось в 17 % от общего количества

О чрезвычайном экологическом состоянии акватории порта Одесса свидетельствуют величины ИЗВ в 1997, 2002 - 2004 и 2006 гг., определяющие водные массы как очень грязные (VI ККВ). Воды Днепровского лимана в период исследований 1996 - 2006 гг. в целом были менее загрязнены и, соответствуя IV - V ККВ, характеризовались как загрязненные или грязные, за исключением 1998 -

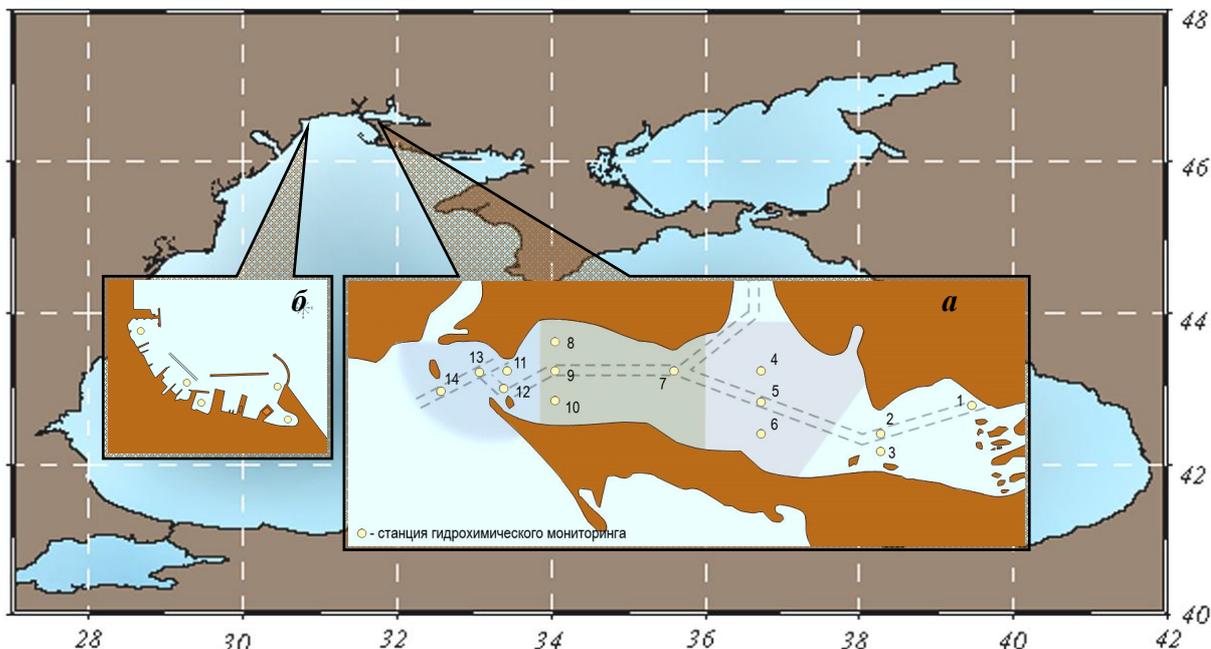


Рисунок 3 – Расположение станций гидрохимического мониторинга в акватории Днепровского лимана (а) и порта Одесса (б) в 1996 - 2006 годах

определений. В морских водах акватории порта Одесса в этот период максимальные концентрации НП и фенолов достигали соответственно 18 и 28 ПДК. Содержание НП в поверхностных водах портовой акватории постоянно было выше предельно допустимого значения, в придонных водах концентрации НП ниже ПДК фиксировались только в 9 % от общего количества определений. Превышение ПДК по фенолам отмечено для 86 % от общего количества определений.

Изучение сезонного изменения уровня загрязнения вод исследуемых районов моря позволило показать, что для Днепровского лимана характерно повышение содержания ЗВ в мае и июле. Весенний рост загрязнения вод определялся поступлением их с речными водами, летний был обусловлен подавлением процессов биохимического разложения ЗВ. Максимальное загрязнение вод акватории порта Одесса в результате сезонной активизации работы морского транспорта в основном наблюдалось в летне - осенний период, когда среднемесячное содержание превышало соответствующую ПДК по НП в 4 раза, по фенолам в 8 раз.

На основе анализа многолетнего изменения содержания ЗВ в водах Днепровского лимана выявлено снижение нефтяного и фенольного загрязнения (рис. 4 и 5).

Только в восточной части лимана динамика среднегодовых величин НП имела слабо выраженную положительную направленность. Среднегодовое содержание НП в водах лимана варьировало в диапазоне 3 - 10 ПДК. Изменение фенольного загрязнения вод отличалось разнонаправленностью для собственно акватории лимана и района Кинбурнского пролива и взморья. Максимальный уровень загрязнения лиманных вод отмечался в 1998 г., когда среднегодовое содержание фенолов достигало 5,3 мкг/дм³ в восточной части, 2,8 мкг/дм³ – в центральной и 6,5 мкг/дм³ – в западной. В 2001, 2004 - 2006 гг. фенольное загрязнение снизилось до уровня 1 мкг/дм³. В Кинбурнском проливе высоким загрязнение вод было в 2000 г. (3,3 мкг/дм³),

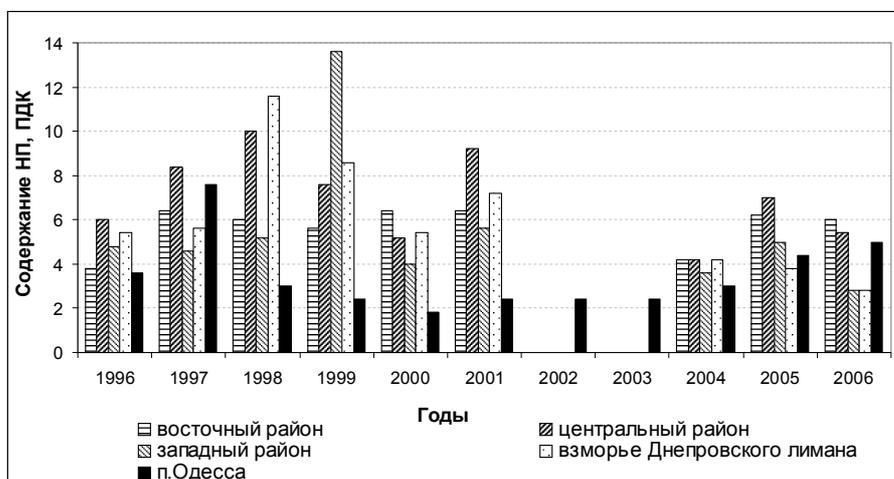


Рисунок 4 – Изменение содержания НП в морских водах отдельных районов Днепровского лимана и акватории порта Одесса в 1996 - 2006 годах

максимальный уровень загрязнения лиманных вод отмечался в 1998 г., когда среднегодовое содержание фенолов достигало 5,3 мкг/дм³ в восточной части, 2,8 мкг/дм³ – в центральной и 6,5 мкг/дм³ – в западной. В 2001, 2004 - 2006 гг. фенольное загрязнение снизилось до уровня 1 мкг/дм³. В Кинбурнском проливе высоким загрязнение вод было в 2000 г. (3,3 мкг/дм³),

вод которой определяется поступлением вод Днепра, средняя скорость удаления НП была меньше. Западный район лимана, с одной стороны запираемый узостью Кинбурнского пролива и действующий как отстойник, а с другой стороны подверженный высокой антропогенной нагрузке, связанной с интенсивным судоходством (особенно в северной своей части, где расположен город-порт Очаков), отличался минимальной (в среднем для периода исследований) скоростью удаления НП на фоне высокого загрязнения лиманных вод.

Расчетное время пребывания НП в водах Днепровского лимана показало ежегодную 8-кратную промывку речными водами акваторий восточного и центрального районов. Максимальное время пребывания НП (71 день) было характерно для вод западного района лимана. А обновление вод в Кинбурнском проливе и предпроливной части северо-западного шельфа Черного моря происходило ежемесячно.

Как видно из табл. 1, в целом за период исследований 1996 - 2006 гг. сопоставимой была удельная скорость удаления НП и для акватории порта Одесса. По среднегодовым значениям удельная скорость элиминации фенолов (сумма) изменялась от 18 до 45 мкг/(дм³·год), НП – от 1,11 до 5,83 мг/(дм³·год).

Расчетное время удаления фенолов (сумма) из акватории порта Одесса в среднем за период исследований 1996 - 2006 гг. составляло 88 дней, изменяясь от 53 - 57 (1996, 1998 гг.) до 150 дней (2002 г.). Удаление НП из акватории порта Одесса происходило значительно быстрее (19 - 40 дней), расчетное время элиминации их в среднем за период исследования составило 29 дней. Следует отметить, что меньшая токсичность нефтяных углеводородов в сравнении с фенольным комплексом, при допущении равенства скоростей осаждения в донные отложения или гидродинамического выноса за пределы района, обусловила существенный вклад биологической составляющей в процесс их деградации.

Знание времени удаления ЗВ из экосистемы позволяет рассчитать удельную величину АЕ для нормирования допустимого сброса ЗВ в каждом из исследуемых районов.

Средняя удельная величина АЕ для всей экосистемы Днепровского лимана в отношении НП может быть оценена в 1,94 мг/(дм³·год), для прилегающей части Черного моря – в 2,74 мг/(дм³·год). Для восточного и центрального районов лимана, а также Кинбурнского пролива, где скорость удаления НП достаточно высока, удельная величина АЕ составила от 2,17 до 2,31 мг/(дм³·год). Для запираемого узостью пролива западного района лимана она значительно ниже (табл. 2).

Удельная величина АЕ экосистемы Одесского порта в отношении НП так же достаточно высока, а в отношении фенолов (сумма) по итогам мониторинговых наблюдений периода 1996 - 2006 гг. она составила 1,16 мкг/(дм³·год).

Что касается АЕ морской экосистемы, то решающее значение имеет не только скорость удаления ЗВ, но и объем экосистемы в целом. К примеру, максимальной способностью к самоочищению в отношении НП в период исследований обладала центральная часть акватории Днепровского лимана (табл. 2). Средняя величина ассимиляционной емкости западного района при соразмерном объеме экосистемы вдвое меньше за счет минимальной скорости удаления НП. Минимальной способностью к самоочищению отличалась экосистема Кинбурнского пролива, т.к. даже при большой скорости удаления НП эта часть лимана занимает наименьший объем. Вполне очевидно, что в ряду исследуемых районов при сопоставимо высокой скорости элиминации в отношении НП минимальная способность к самоочищению у экосистемы акватории порта Одесса объясняется значительно меньшим объемом акватории. В отношении фенолов (сумма) АЕ экосистемы акватории порта Одесса в целом может быть оценена в 0,042 ± 0,011 т в год.

Таблица 2 – Характеристика ассимиляционной емкости экосистемы отдельных районов Днепровского лимана и акватории порта Одесса в отношении НП для периода исследований 1996 - 2006 годов

Район исследования	Удельная величина ассимиляционной емкости, мг/(дм ³ ·год)	Ассимиляционная емкость экосистемы, тыс. т/год
Восточный район	2,17	2,36 ± 1,13
Центральный район	2,31	3,36 ± 1,50
Западный район	1,18	1,72 ± 0,60
Кинбурнский пролив	2,28	0,26 ± 0,13
Днепровский лиман	1,94	7,96 ± 2,93
Акватория порта Одесса	2,60	0,0935 ± 0,0614

Учитывая, что пределы вариации количественной оценки АЕ достаточно велики (табл. 2), для предотвращения дальнейшей деградации и восстановления генофонда рассматриваемых райо-

нов

нов при нормировании сбросов ЗВ в акваторию в качестве «порогового» значения целесообразно ориентироваться на минимальное значение АЕ. Для Днепровского лимана в отношении НП оно составляет 5 тыс. т/год, для акватории порта Одесса – 32 т/год в отношении НП и 0,031 т/год в отношении фенолов (сумма).

Вместе с тем, при рассмотрении расчетной величины АЕ в сопоставлении с балансовой оценкой НП для акватории Днепровского лимана, показательно, что в настоящее время поступление их только с речными водами Днепра и Южного Буга (через Бугский лиман) составляет 7 тыс. т НП в год. Таким образом, расчетная величина АЕ значительно ниже приходной статьи баланса НП, что негативно сказывается на состоянии водоема, имеющего рыбохозяйственное значение.

Более того, надо помнить, что о создании благоприятных условий для развития морских экосистем можно было бы судить лишь в условиях равномерного внесения ЗВ в объеме, не превышающем величину АЕ. При неоднородном поступлении ЗВ опасность для экосистемы представляют источники, которые создают нагрузку, превышающую удельную величину АЕ. Следовательно, удельная величина АЕ не может быть сопоставима с залповым аварийным загрязнением морской экосистемы в локальной точке. Однако, к примеру, в 1997 году только в результате аварии на т/х «Monte Chiaro» в морские воды акватории порта Одесса было сброшено 0,987 т НП [1]. В то же время АЕ всей экосистемы порта даже в расчете на одни сутки в среднем составила 0,09 т НП. Столь значительное превышение АЕ, безусловно, не могло не привести к необратимой деградации биотической компоненты экосистемы.

Заключение

На основе мониторинговых исследований дана оценка экологического состояния вод акваторий Днепровского лимана и порта Одесса по приоритетным загрязняющим веществам. Она характеризует воды исследуемых районов как загрязненные, грязные или очень грязные, что соответствует IV - VI классам качества вод. Для акватории Днепровского лимана в целом за весь период наблюдений основная роль в формировании величины ИЗВ принадлежала НП. Соотношение НП - фенолы - детергенты - кислород для лимана составило 71 - 17 - 2 - 10 %. Ведущую роль в формировании величины ИЗВ для акватории порта Одесса играли фенолы. Соотношение НП - фенолы - детергенты - кислород для этого района составило 27 - 57 - 11 - 5 %.

Для акватории Днепровского лимана скорость удаления НП как приоритетного загрязняющего комплекса составила в среднем $2,38 \pm 1,01$ мг/(дм³·год), для Кинбурнского пролива – $3,10 \pm 1,55$ мг/(дм³·год). Для акватории п. Одесса скорость удаления фенолов (сумма) составила 31 ± 9 , НП – $2,42 \pm 1,52$ мг/(дм³·год).

Дана оценка нормирования потоков антропогенных ЗВ на основе расчета ассимиляционной емкости (АЕ) экосистем исследуемых акваторий, как основы стратегии управления качеством морской среды.

АЕ акватории Днепровского лимана в отношении НП составила 7960 ± 2930 т в год. Для восточного и центрального районов лимана, а так же Кинбурнского пролива удельная величина АЕ составила 2,17 - 2,31 мг/(дм³·год), для прилегающей части Черного моря – 2,74 мг/(дм³·год). Для западного района лимана она значительно ниже – 1,18 мг/(дм³·год).

Для акватории порта Одесса АЕ экосистемы в отношении фенолов (сумма) может быть оценена в $0,042 \pm 0,011$ т в год, в отношении НП – $93,5 \pm 61,4$ т в год.

Определение АЕ экосистем отдельных акваторий Черного моря позволяет нормировать плановые поступления ЗВ и активно способствует формированию политики в области охраны природной среды этих районов в целях сохранения основных свойств существующих экосистем.

Литература

1. *Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям* : Черное море / ред. А.И. Рябинин, Н.П. Клименко, С.А. Шибаева // Архив МО УкрНИГМИ. – Севастополь, 1998. – Т. 1.
2. *Ежегодные гидрохимические данные качества морских вод (Черное и Азовское моря)* // Архив МО УкрНИГМИ. – Севастополь, 1996. – 2006.
3. *Израэль Ю.А., Цыбань А.В.* Антропогенная экология океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 528 с.
4. *Израэль Ю.А., Цыбань А.В.* Об ассимиляционной емкости Мирового океана // Докл. АН СССР. – 1983. – Т. 272, № 3. – С. 702 - 705.
5. *Качество морских вод по гидрохимическим показателям* : Ежегодник 2003 - 2006. / ред. А.Н. Коршенко, И.Г. Матвейчук, Т.И. Плотникова и др. – Обнинск: Артифлекс, 2005 - 2008.

6. *Мезенцева И.В.* Комплексная характеристика качества вод Днепровского лимана в 1996 - 2006 годах // Проблемы природопользования, устойчивого развития и техногенной безопасности регионов : Тезисы докл. 5 Междунар. науч.-практ. конф. 6-9 октября 2009 г. – Днепропетровск, 2009. – Ч. 2. – С. 68 - 69.
7. *Мезенцева И.В.* Комплексная характеристика качества морской воды и донных отложений порта Одесса в 1996 - 2006 годах // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2009. – Вып. 19. – С. 154 - 160.
8. *Совга Е.Е., Мезенцева И.В.* Содержание нефтепродуктов в морской воде в акватории порта Одесса в 1997 - 2006 гг. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2008. – Вып. 17. – С. 290 - 297.
9. *Совга Е.Е., Любарцева С.П., Мезенцева И.В.* Оценка способности экосистемы акватории Одесского порта к самоочищению в отношении фенолов и нефтепродуктов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2010. – Вып. 22. – С. 303 - 309.
10. *Совга О.Є., Мезенцева І.В., Любарцева С.П.* Оцінка асиміляційної місткості екосистеми Дніпровського лиману щодо нафтопродуктів як метод нормування їх скиду в акваторію лиману // Доповіді Національної академії наук України : Математика, природознавство, технічні науки. – 2011. – № 10. – С. 105 - 109.
11. *State of the Environment of the Black Sea (2001 - 2006/7)* / Edited by Temel Oguz // Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC). – Istanbul, 2008. – 3. – 448 p.