

О.А.Петренко

*Южный научно-исследовательский институт
морского рыбного хозяйства и океанографии, г.Керчь*

РЕЗУЛЬТАТЫ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АЗОВСКОГО МОРЯ

Представлены результаты мониторинговых исследований уровня загрязнения тяжелыми металлами, хлорорганическими соединениями, нефтепродуктами вод и донных отложений западной части Азовского моря. Рассмотрены две составляющие, вносящие существенный вклад в загрязнение среды – акватория донного тралового промысла пилленгаса и район газодобычи. Показана межгодовая динамика концентраций токсикантов. Выполнена сравнительная оценка содержания нефтепродуктов в районах размещения морских стационарных платформ с фоновыми концентрациями.

В последние 30 лет особенности и тенденции эколого-токсикологического состояния западной части Азовского моря были обусловлены влиянием интенсивной хозяйственной деятельности. Так, особенностью формирования экосистемы Азовского моря как среды жизни в 80-е гг. в значительной мере определялось ростом антропогенного химического загрязнения водной толщи и донных отложений и следствием этого ухудшение условий жизнедеятельности гидробионтов. К концу 80-х гг. в результате интенсивной хозяйственной деятельности на водосборной площади бассейна в азовоморских водах стало аномально высоким содержание пестицидов, нефтепродуктов и тяжелых металлов [1].

Загрязнение водоема различными химическими веществами оказывает влияние на гидробиологический режим, что влечет за собой изменение его биологической продуктивности, обеднение кормовой базы рыб, прямое токсическое воздействие на гидробионты [2].

В начале 90-х гг. из-за резкого спада производства сократился объем сброса загрязняющих веществ, и уже к 1993 г. тенденция снижения антропогенного загрязнения стала очевидной [3]. Тем не менее, уровень загрязнения моря до сих пор остается высоким [4].

Связь работы с важными научными программами или практическими задачами. Экосистема Азовского моря трансформируется под влиянием все изменяющихся из года в год условий среды. Антропогенная нагрузка увеличивается, что отражается, в первую очередь, на состоянии морской среды, т.е. происходит увеличение содержания основных токсичных загрязняющих веществ в воде и, как следствие, в донных отложениях. Ввиду мелководности Азовского моря его способность к самоочищению невысокая, что ведет к накоплению загрязняющих веществ в донных осадках. Ветровая активность приводит к перемешиванию всех слоев воды, вовлекая и верхний слой донных осадков, что грозит вторичным загрязнением водной среды. Все эти происходящие процессы и характеризуют современное

состояние морской среды Азовского моря, интерес к которому привлекает специалистов различных научных направлений.

В данной работе использованы результаты НИР, выполненной специалистами ЮгНИРО (г. Керчь) в рамках бюджетной тематики (Заказчик – Госкомрыбхоз Украины) «Дослідити стан екосистем Азовського і Чорного морів, їх трансформацію в умовах природних і антропогенних змін. Розробити рекомендації щодо підвищення їх рибопродуктивності».

Целью настоящей работы является исследование трансформации современного состояния вод и донных отложений западной части Азовского моря под влиянием антропогенных факторов.

По результатам многолетнего комплексного мониторинга условий среды, организованного с 1992 г. сотрудниками лаборатории охраны морских экосистем ЮгНИРО [5] в западной части Азовского моря показаны особен-



Р и с . 1 . Карта-схема комплексных экологических исследований в западной части Азовского моря: северо-западная часть – акватория тралового промысла пиленгаса (1); юго-западная часть – район газодобычи (2).

ности трансформации его экосистемы, направленность процессов загрязнения и т.д.

Карта-схема выполнения комплексных экологических исследований представлена на рис. 1.

За период с 1992 по 2005 гг. в западной части Азовского моря были выполнены 11 ежегодных комплексных экологических съемок (за исключением периода 1998 – 2000 гг.), включающие в себя порядка 220 станций и более 6000 определений концентраций в воде и донных отложениях основных загрязняющих веществ: тяжелые металлы (ртуть, мышьяк, медь, свинец, железо, цинк, марганец, кадмий, хром) нефтепродукты (смолистые компоненты и нефтеуглеводороды), хлорорганические соединения (ДДТ и его метаболиты, полихлорированные бифенилы).

Комплексная оценка уровня загрязнения вод тяжелыми металлами проводилась на основе расчетных индексов качества вод (ИКВ) [6], всех рассматриваемых токсикантов – в сравнении с величинами предельно-допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов (ПДК) и геохимического фона (ГХФ) для донных осадков [7].

Результаты исследований. Исследования, проведенные в 1992 – 2004 гг., показали тенденцию снижения уровня загрязнения водной среды западной части Азовского моря тяжелыми металлами и нефтепродуктами и увеличения хлорорганическими соединениями. Донные отложения характеризуются тенденцией накопления в них нефтепродуктов и снижением концентраций тяжелых металлов и хлорорганических соединений [4].

На фоне состояния экосистемы западной части Азовского моря были выделены две составляющие, вносящие существенный вклад в загрязнение открытой части моря – это акватория проведения донного тралового промысла пиленгаса и район разработки и добычи газа (рис. 1).

Т а б л и ц а 1. Средние концентрации тяжелых металлов в воде и донных отложениях в районе промысла пиленгаса.

горизонт	Hg	As	Cu	Fe	Pb	Cd	Zn	Mn	Cr
вода, мкг/л									
поверхностный	0,05	0,45	3,58	29,4	0,45	0,01	10,8	2,89	1,70
придонный	0,04	0,55	3,13	23,7	0,40	0,01	13,9	2,49	1,55
донные отложения, мкг/г сухого вещества									
	0,05	52,0	19,2	11997	3,20	0,04	59,1	246	20,5

Донный траловый промысел пиленгаса вероятнее всего явился основной причиной формирования мощного поверхностного слоя осадков в западной части Азовского моря в 90-е гг. В результате воздействия на дно активных орудий лова пиленгаса на 1 км² при слое 1 мм отлагается 0,0014 млн. т осадка, а на площади более 3 тыс. км², где отмечены мощности поверхностного слоя более 2 мм, должно отложиться 8,4 млн. т дополнительного материала. Этот объем материала равнозначен годовому поступлению вещества при абразии северных берегов или твердому стоку рек. При донных тралениях дополнительный материал поступает в толщу вод за счет разрушения ранее отложившихся осадков. В результате этого произошло изменение вещественных типов донных отложений и содержания химических компонентов, не характерных современным осадкам.

Анализ уровня загрязненности воды и донных отложений в пределах украинской зоны Азовского моря показал, что концентрации большинства определяемых в данной работе тяжелых металлов в мае 1997 г., т.е. по окончании донного траления, не превышали в воде ПДК для рыбохозяйственных водоемов. В донных отложениях концентрации большинства определяемых металлов ниже геохимического фона, характерного для донных осадков Азово-Черноморского бассейна [8] за исключением мышьяка, содержание которого повсеместно выше геохимического фона в 2 – 9 раз, и цинка, содержание которого незначительно выше геохимического фона на 1/3 исследованной акватории (табл.1).

Концентрации нефтеуглеводородов в воде, определенные в мае 1997 г., были незначительными и не превышали величин ПДК для рыбохозяйственных водоемов (табл.2). Содержание суммарных нефтепродуктов в донных отложениях определяется вещественным составом донных осадков: наименьшие их концентрации тяготеют к прибрежным районам (песчаные грунты), центральную и южную часть исследуемой

Т а б л и ц а 2. Средние содержания нефтепродуктов в воде и донных отложениях в районе тралового промысла пиленгаса в мае 1997 г.

горизонт	суммарное содержание	смолы и асфальтены	нелетучие углеводороды
вода, мг/л			
поверхностный	0,014	0,005	0,009
придонный	0,017	0,008	0,009
донные отложения, мг/г сухого веса			
	0,47	0,23	0,24

акватории (преимущественно с преобладанием илистых фракций) занимают донные осадки с содержанием суммарных нефтепродуктов более 1 мг/г сухого веса, относящиеся к третьему уровню загрязнения, при котором резко изменяется трофическая структура бентоса. В этих районах зафиксированы и максимальные содержания нелетучих и смолистых компонентов.

Во фракционном составе нефтепродуктов доминантами в центральной части исследуемой акватории являются нелетучие углеводороды, что говорит о постоянном поступлении их в морскую среду; для прибрежных районов характерно преобладание сильно трансформированной фракции – смол и асфальтенов, свидетельствующих о хроническом загрязнении акватории.

Вода исследуемой части моря повсеместно в различной степени загрязнена остаточными количествами ДДТ и его метаболитами. Степень трансформированности ДДТ в водной среде, составляет 2,5, что свидетельствует о недавнем поступлении токсиканта в водоем. Суммарные величины хлорорганики в донных отложениях исследуемой акватории еще велики; диапазон их изменения широк 7,9 – 86,9 нг/г сухого вещества. Средняя величина их для всего района составила 26,6 нг/г сухого вещества.

При сравнении полученных абсолютных концентраций тяжёлых металлов в придонном слое вод, где в наибольшей степени проявляются миграционные процессы в системе «вода – донные отложения», с концентрациями, определенными в июле 1996 г. (во время проведения донного траления) и принятыми за фоновые, отмечены следующие изменения.

Для меди, цинка и марганца зафиксировано повышение их содержания в поверхностном слое осадков при одновременном смещении максимальных концентраций в район наиболее интенсивных тралений, осуществлявшихся в зимне-весенний сезон 1996 г., а для мышьяка характерно повсеместное существенное (в 4 – 8 раз) повышение его содержания на всей обследованной акватории.

В местах проведения интенсивного траления выявлено существенное повышение содержания нефтепродуктов практически в 1,5 – 2 раза, по сравнению с фоновыми участками, в основном за счёт фракции нелетучих углеводородов.

В рассматриваемый период следует отметить снижение в донных отложениях средней концентрации ДДТ и его метаболитов, обусловленное процессами метаболизма этого токсиканта при отсутствии дополнительного поступления в морскую среду. Содержание такого стойкого компонента хлорорганики, как полихлорбифенилов (ПХБ) увеличилось примерно в 1,8 раза (от 5,0 до 8,7 нг/г сухого веса).

В последние годы отмечается некоторое снижение интенсивности антропогенного влияния, связанное со спадом промышленного и сельскохозяйственного производства. Однако это обстоятельство не должно вселять чрезмерного оптимизма вследствие интенсификации судоходства и погруочно-разгрузочных работ, осуществляемых в многочисленных портах Азовского моря. Не следует также снимать со счетов и такой вид антропогенной деятельности, как *разработка и эксплуатация газоносных структур*. Данный вид деятельности особенно бурно развивается в последнее де-

сятилетие, поэтому оценка его влияния на юго-западную часть Азовского моря является первостепенной задачей.

Анализ временной динамики концентраций тяжелых металлов в водной толще юго-западной части Азовского моря в период активного освоения месторождений газа показал, что содержания мышьяка, свинца и кадмия не превышали ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Содержание ртути и меди в начальный период исследований зачастую превышали ПДК. Так, в течение 2001 – 2002 гг. средняя концентрация ртути в воде увеличилась от 1 до 1,4 ПДК. В 2002 г. превышение нормы для ртути наблюдалось практически на всей исследуемой акватории, где в это время был зафиксирован абсолютный максимум (2,1 ПДК). Последующий период характеризуется устойчивым снижением уровня загрязнения водной среды ртутью.

Максимальная концентрация меди в воде, составляющая в среднем 4,3 ПДК, определена в 2001 г. Диапазон содержания металла в этом году в воде исследуемой акватории составил 5,82 – 39,5 мкг/л при ПДК = 5 мкг/л. Далее количество меди в воде резко снизилось, и только на отдельных участках акватории фиксировались превышения нормативной величины в 2 раза.

Как и для большинства определяемых тяжелых металлов, наибольшая концентрация (в среднем 3,89 мкг/л) хрома в водных массах наблюдалась в 2001 г.

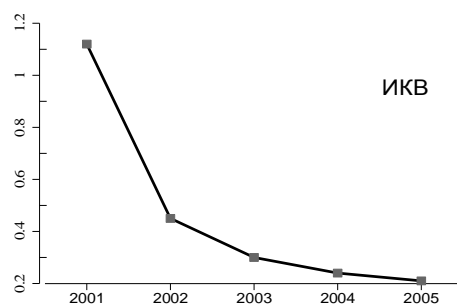


Рис. 2. Индекс качества вод юго-западной части Азовского моря.

В это время диапазон их содержания превысил нормативную величину в 2 – 10 и 2 – 6 раз соответственно. В последующие годы концентрации металла были существенно ниже, и превышений нормативной величины не наблюдалось.

В течение всего периода исследований нефтепродукты в водной среде были представлены углеводородной фракцией. Анализ временной динамики их концентраций представлен на рис.3. Содержание смолистых компонентов, в течение всего периода исследований было достаточно низким и приблизительно постоянным: 0,02 – 0,03 мг/л.

Следует отметить, что, начиная с 2002 г., согласно классификации [9], основанной на состоянии донных организмов, донные отложения юго-западной части Азовского моря по уровню загрязнения нефтепродуктами отнесены к III уровню, при котором начинается деградации донных биоценозов (рис.3).

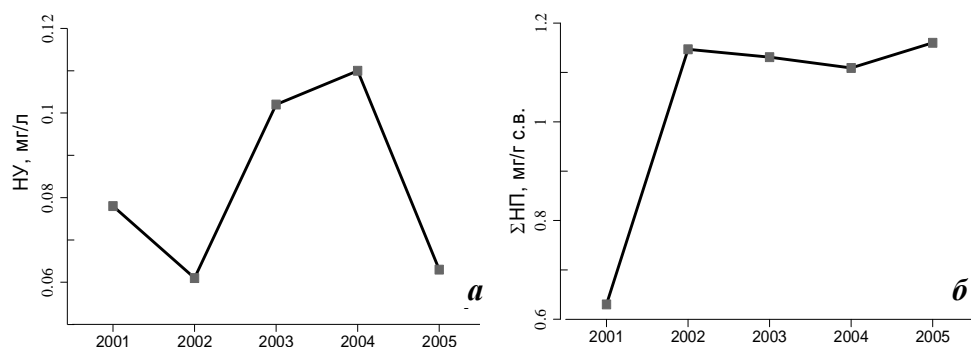
Хлорорганические соединения имеют тенденцию к увеличению содержания и в воде, и в донных отложениях (рис.4).

Особенностью их распределения в водной среде исследуемой акватории явилось повышение концентраций в 2004 г. по сравнению с предшествующими

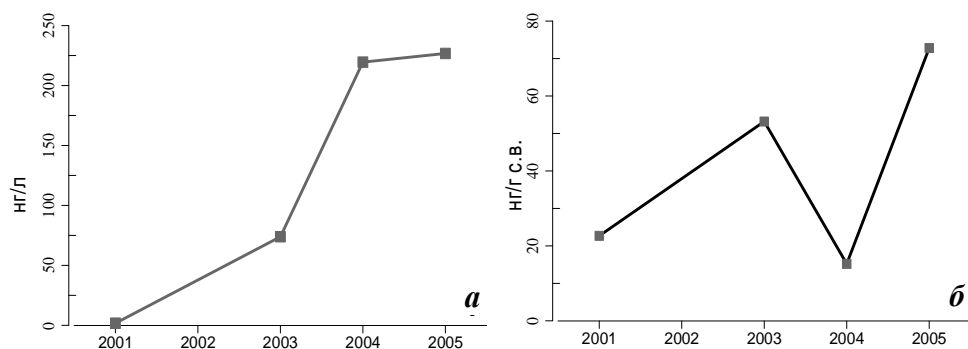
В целом после существенного роста содержания тяжелых металлов в период начального освоения месторождений последние годы характеризуются снижением уровня загрязнения водных масс, что наглядно отражают величины ИКВ (рис.2).

Концентрации ртути, меди, свинца и хрома в донных отложениях не превышали геохимический фон (ГХФ) [8].

Мышьяк и кадмий выявлены в максимальных количествах в 2001 г. В



Р и с . 3 . Динамика концентраций нефтепродуктов в водной толще (а) и донных отложениях (б) юго-западной части Азовского моря.



Р и с . 4 . Динамика концентраций хлорорганических соединений в водной толще (а) и донных отложениях (б) юго-западной части Азовского моря

годами, за счет увеличения концентраций ДДТ практически на два порядка, что может быть вызвано размывом могильников пестицидов в Украине [10].

В донных отложениях содержание ХОС, несмотря на некоторый спад в 2004 г. имеет тенденцию к росту. Вспышка концентраций ДДТ в воде в 2004 г. вызвала увеличение хлорорганики в донных отложениях приблизительно в 5 раз.

Таким образом, основную угрозу рыбопродуктивности прибрежных вод Азовского моря несет активная загрязняющая деятельность человека, среди которых донный траловый промысел и добыча полезных ископаемых занимают пусть и не ведущие места, однако по своим масштабам могут в дальнейшем существенно усилить антропогенную нагрузку. Природные факторы (штормы, абразия берегов, климатические изменения) имеют второстепенное значение, по сравнению с антропогенными, хотя в местах повышенной их активности негативная роль природных компонентов значительно возрастает.

Выводы. На фоне состояния экосистемы западной части Азовского моря были выделены две составляющие, вносящие существенный вклад в загрязнение открытой части моря – это акватория проведения донного тралового промысла пиленгаса и район разработки и добычи газа.

Было выявлено, что при донных тралениях дополнительный материал поступает в толщу вод за счет разрушения ранее отложившихся осадков. В резу-

льгате этого произошло изменение вещественных типов донных отложений и содержания химических компонентов, не характерных современным осадкам.

В период начального освоения газовых месторождений после существенного роста содержания тяжелых металлов последние годы характеризуются снижением уровня загрязнения водных масс. Начиная с 2002 г., согласно классификации [9], основанной на состоянии донных организмов, донные отложения юго-западной части Азовского моря по уровню загрязнения нефтепродуктами отнесены к III уровню, при котором начинается деградации донных биоценозов. Хлорорганические соединения имеют тенденцию к накоплению в воде и донных отложениях.

Продолжение мониторинговых исследований западной части Азовского моря позволит получить уникальные результаты, которые будут использованы в дальнейшем для изучения изменения состояния среды и механизмов формирования кормовой базы промысловых гидробионтов в Азово-Черноморском бассейне, для математического моделирования экологических ситуаций в районах, подверженных значительным антропогенным нагрузкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Морозов Н.П., Петухов С.А.* Переходные и тяжелые металлы в промышленной ихтиофауне океанических, морских и пресных вод // Рыбное хозяйство.– 1978.– № 5.– С.11-13.
2. *Макаров Э.В., Семенов А.Д.* Экологические аспекты развития рыбного хозяйства в азовском бассейне // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов азовского бассейна.– Р.-на-Д., 1996.– С.6-20.
3. *Петренко О.А., Авдеева Т.М., Литвиненко Н.М., Заремба Н.Е., Жугайло С.С.* Трансформация современного состояния экосистемы западной части Азовского моря за период 1996-2004 гг. // Системы контроля окружающей среды.– Севастополь: МГИ НАНУ, 2005.– С.313-319.
4. *Петренко О.А., Авдеева Т.М., Жугайло С.С.* Возможности и перспективы природоохранной деятельности лаборатории охраны морских экосистем ЮгНИРО в Азово-Черноморском бассейне // Рыбное хозяйство.– 2007.– № 3/4 (50, 51).– С.21-22.
5. *Мандыч А.Ф., Шапоренко С.И.* Прибрежные воды – индикатор хозяйственной деятельности на побережье Черного моря // Природа.– 1992.– № 6.– С.17-24.
6. *Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов.– М.: Минрыбхоз, 1992.*
7. *Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И.* Геохимия Черного моря.– Киев: Наукова думка, 1982.– 142 с.
8. *Миронов О.Г., Миловидова Н.Ю., Кирюхина Л.Н.* О предельно допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Черного моря // Гидробиологический журнал.– 1986.– т.22, № 6.– С.76-78.
9. *Петренко О.А., Шепелева С.М., Жугайло С.С.* К вопросу об уровне загрязнения ДДТ экосистем Черного и Азовского морей в современных условиях // Рыбное хозяйство.– 2006.– № 2(43).– С.28-30.
10. *Volovik S.P., Dubinina V.G., Semenov A.D.,* Hydrobiology and dynamics fishing in the Sea of Azov // Studies and Reviews.– GECCM, FAO UN, 1993.– № 64.– P.1-60.

Материал поступил в редакцию 29.08.2008 г.
После доработки 10.12.2008 г.