

РЕЗУЛЬТАТЫ СОВРЕМЕННЫХ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

*О.А. Петренко, Б.Г. Троценко,
С.С. Жугайло, Т.М. Авдеева*

Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО)
г. Керчь, ул. Свердлова, 2
E-mail: yugniro@kerch.com.ua

Представлены результаты мониторинговых исследований уровня загрязнения тяжелыми металлами, нефтепродуктами и хлорорганическими соединениями вод и донных отложений основных промысловых районов Черного моря – северо-западный шельф и Керченская предпроливная зона. Дано сравнение уровня загрязненности природных вод с действующими предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов, донных отложений – с геохимическим фоном (ГХФ). Показаны временные тенденции загрязнения морской среды тяжелыми металлами, хлорорганическими соединениями и компонентами нефти (рассчитаны тренды). Данна комплексная оценка морской среды с позиции ее пригодности для нормальной жизнедеятельности промысловых гидробионтов и их кормовой базы.

Введение. В последние десятилетия изменения состояния экосистем Мирового океана обусловлены не только привычными природными факторами, но и все усиливающимися антропогенными – загрязняются реки, сбрасываются недостаточно очищенные производственно-бытовые стоки, происходит интенсификация использования океана для нужд транспорта и рекреации. в бурении скважин на его шельфе, в эксплуатации его биологических ресурсов, в результате чего исчезают безвозвратно многочисленные представители морской фауны и флоры. В то же время ежегодно посредством атмосферных осадков и речных стоков в Мировой океан сбрасываются более 30 тысяч различных химических соединений общей массой до 1,2 млрд. т [1]. При этом самыми опасными загрязнителями, поражающими экосистему океана вследствие

отравляющего, мутагенного или канцерогенного действия на морские организмы, являются углеводороды, токсичные металлы и хлорорганические соединения.

Черное море, как внутренний водоем, обладает, в сравнении с Мировым океаном, ограниченной ассимиляционной емкостью, в связи с чем, любая антропогенная нагрузка, обусловленная стоком многочисленных рек, бытовыми и промышленными стоками, интенсивным судоходством, дампингом грунтов и др. может иметь катастрофические последствия для его экосистемы. Тем более что в последние годы к уже вышеперечисленным факторам добавилась интенсивная добыча нефти и газа на северо-западном шельфе Черного моря, в связи с чем разработка углеводородных ресурсов, возведение и эксплуатация морских стационарных платформ в недалеком будущем может представлять собою серьезную экологическую опасность.

В этой связи целью настоящей работы явилась оценка качества морской среды северной части Черного моря в условиях естественных и антропогенных изменений с позиции пригодности экосистемы для нормальной жизнедеятельности промысловых гидробионтов и их кормовой базы.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение закономерностей многолетней трансформации состояния экосистемы северной части Черного моря с учетом природных и антропогенных составляющих;

- определение динамики уровня загрязненности воды и донных отложений исследуемых районов по основным критериям качества морской среды (индекс качества вод, суммарный показатель загрязнения донных отложений);

- оценка пригодности экосистемы для нормальной жизнедеятельности промысловых гидробионтов и их кормовой базы.

Материал и методика. Решение поставленных задач осуществлялось на основании данных комплексного мониторинга условий среды, организованного с 2003 г.

сотрудниками лаборатории охраны морских экосистем ЮГНИРО на северо-западном шельфе Черного моря и с 1998 г. – в Керченском предпроливье Черного моря. Схема станций отбора проб представлена на рис. 1. В первом случае работы велись на полигоне размером 60x50 миль, во втором –

рии охраны морских экосистем с применением метрологически аттестованных методик, включающих методы атомно-адсорбционной и инфракрасной спектрофотометрии, газожидкостной хроматографии.

Комплексная оценка уровня загрязнения вод тяжелыми металлами проводилась

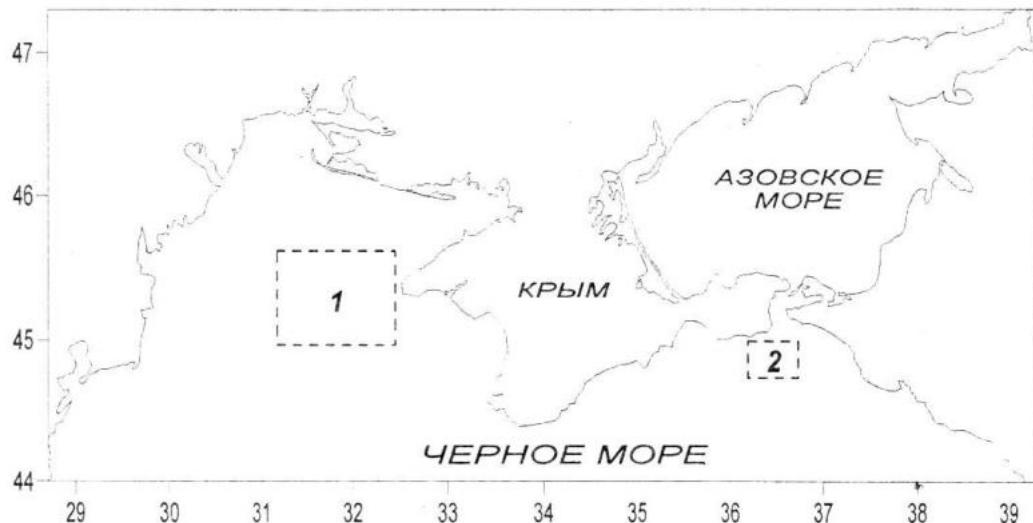


Рисунок 1 – Районы ежегодного мониторинга состояния водной среды:
1 – северо-западный шельф черного моря в зоне добычи углеводородов;
2 – предпроливная зона Черного моря

10x15 миль. Кроме того, использовались фоновые полевые материалы наблюдений ЮГНИРО в Черном море, а также литературные данные о фоновом уровне загрязнения вод и донных осадков.

За период с 2003 по 2005 г. на северо-западном шельфе Черного моря были выполнены 3 комплексные экологические съемки, включающие в себя 60 станций и более 2500 определений концентраций в воде и донных отложений основных загрязняющих веществ (тяжелые металлы, нефтепродукты, хлорорганические соединения).

За период исследований 1998–2004 гг. на шельфе Керченской предпроливной зоны Черного моря были выполнены 12 комплексных экологических съемок, включающие в себя 177 станций и около 7500 определений концентраций в воде и донных отложений основных загрязняющих веществ (тяжелые металлы, нефтепродукты, хлорорганические соединения).

Химический анализ воды и донных отложений выполнен в аккредитованной в системе Госстандарта Украины лаборато-

рии на основе расчетных индексов уровня загрязнения воды (ИКВ), донных отложений – суммарного показателя загрязнения (СПЗ) и естественного геохимического фона для осадков Азово-Черноморского бассейна [2, 3].

Обсуждение результатов. *Северо-западный шельф Черного моря* – самый продуктивный и наиболее используемый в хозяйственной деятельности район. Его акватория служит «приемником» сточных вод, сбрасываемых в речную сеть и непосредственно в море от промышленных предприятий, коммунально-бытовых стоков городов. Основная доля в росте сбросов загрязняющих веществ приходится на реку Дунай, которая протекает через густонаселенные страны Европы и вбирает все увеличивающиеся с каждым годом объемы промышленных и бытовых стоков.

Следующим по значению фактором влияния на сложившуюся экосистему является разработка морских месторождений газа. Издавна северо-западный шельф Чер-

ного моря использовался только для рыбного промысла, однако в последние десятилетия акценты в освоении ресурсов постепенно смешались в сторону газодобычи. Таким образом, в настоящее время использование указанного шельфа происходит при обостряющемся конфликте интересов между разными пользователями морских ресурсов прибрежной зоны. Анализ литературы [4–6] показывает, что именно в этих зонах, составляющих около 10 % всей акватории морей и океанов, происходят наиболее интенсивные биопродукционные процессы. Здесь сосредоточены и воспроизводятся основные живые ресурсы океана, которые обеспечивают до 80–90 % мирового улова морских организмов. Но здесь же залегают и крупнейшие нефтегазоносные бассейны и месторождения.

Среди множества антропогенных факторов немаловажное значение имеет и судоходство, особенно в последние годы, когда интенсивно развивается промышленность Украины и соответственно инфраструктура портов и причалов для удовлетворения потребностей все увеличивающегося экспортного потенциала страны.

Все перечисленные факторы наряду с природными, несомненно, оказывают прямое или косвенное влияние на состояние экосистемы северо-западного шельфа Черного моря, что вносит в выявленные закономерности ее трансформации элемент хаотичности.

Анализ природных и антропогенных факторов позволил выявить межгодовые изменения состояния экосистемы северо-западного шельфа Черного моря, обусловленные, прежде всего, особенностями атмосферной циркуляции над Азовово-Черноморским бассейном, которая и определяет запас биогенных солей в фотическом слое в период зимней плотностной конвекции вод. Весенний приток речных вод положительно, а их антропогенное изъятие отрицательно влияют на состояние экосистемы указанного региона.

Анализ полученных данных по содержанию тяжелых металлов для северо-западной части отражают общую тенден-

цию для прибрежных вод Черного моря. Средние их концентрации оказываются в пределах ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Максимальные значения могут превышать норму по ртути в 15 раз, меди – 10 раз, свинцу – 3 раза.

В донных отложениях содержание ртути и хрома в течение всего периода исследований не превышали геохимический фон (ГХФ). В 2003 г. превышения нормативной величины определены для мышьяка, меди, свинца и кадмия, 2004 г. – мышьяка, 2005 г. – мышьяка, меди и кадмия. Площадь акватории с повышенным количеством мышьяка в 2003 г. составила 15 %, 2004 г. – 40 % и в 2005 г. – 20 % от исследуемой, и эти участки расположены по всей акватории и не связаны с расположением морских буровых установок. В целом донные отложения северо-западного шельфа характеризуются снижением уровня загрязнения их тяжелыми металлами.

Интенсивность накопления загрязняющих веществ, в частности тяжелых металлов, зависит от содержания в грунтах мелкодисперсных (пелитовых) фракций и органического вещества. Исследуемая акватория характеризуется разными типами грунтов: в прибрежной зоне – пески, на большей части акватории – илистые грунты, обладающие большой сорбционной способностью. В донных отложениях именно этой части акватории и определены максимальные содержания тяжелых металлов.

В целом максимальный уровень загрязнения водной среды и донных отложений северо-западного шельфа коррелирует с расположением стационарных морских платформ, хотя добыча газа не внесла существенного вклада в увеличение содержания тяжелых металлов.

Концентрация нефтеуглеводородов в водной среде северо-западного шельфа Черного моря в 2005 г. по сравнению с предшествующими годами снизилась в среднем от 2,3 до 1,4 ПДК, т. е. в 1,6 раза.

Минимальный уровень загрязнения донных отложений северо-западного шельфа определен в 2003 г. Далее содержание компонентов нефти в донных отложениях

увеличилось и в 2004 и 2005 гг. превышало фоновую величину (1,0 мкг/г сухого вещества) в 1,7 и 1,2 раза соответственно. Наибольшие концентрации нефтепродуктов в воде и донных отложениях фиксировались в районах расположения морских стационарных платформ, что дает основание рассматривать их как один из основных источников загрязнения среды компонентами нефти [7].

Приоритетными поллютантами и из хлорорганических соединений в морской среде северо-западного шельфа были ДДТ и его метаболиты и полихлорированные бифенилы. Величины общего загрязнения хлорорганическими соединениями в поверхностной воде исследуемой акватории изменялись от 35,0 до 328,1 нг/л, придонной – 40,4–231,0 нг/л, в донных отложениях – 17,1–73,4 нг/г сухого вещества. В 2005 г. по сравнению с предшествующими годами отмечено резкое увеличение количеств хлорорганических веществ в воде и донных отложениях [8].

Максимальное загрязнение как воды, так и донных отложений отмечено вблизи морских стационарных платформ, в меньшей степени – на фоновых станциях.

Одним из районов северной части Черного моря, подверженных значительным антропогенным нагрузкам, является *Кер-*

ряду с судоходством и активным рыбным промыслом дампинг грунтов дноуглубления является едва ли не самым существенным.

Исследования уровня загрязненности данной акватории начались с октября 1998 г. и продолжаются до настоящего времени. Для исследования химико-экологического состояния в водной среде и донных отложениях Керченского предпроливья определены наиболее токсичные тяжелые металлы, нефтепродукты и хлорорганические соединения. За этот период были выполнены 12 комплексных экологических съемок, включающие в себя 177 станций и около 7500 определений, что уже свидетельствует о достоверности выдвигаемых гипотез.

Анализ динамики индекса качества вод и суммарного показателя загрязнения показал, что содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях Керченского предпроливья Черного моря изменялось скачкообразно. Характерной особенностью этих изменений явилась противоположная направленность процесса накопления тяжелых металлов в донных отложениях с их содержанием в воде: повышение уровня загрязненности донных отложений сопровождалось понижением их концентраций в воде и наоборот (рис. 2). Это, по-видимому, вызвано как составом сбрасываемых грун-

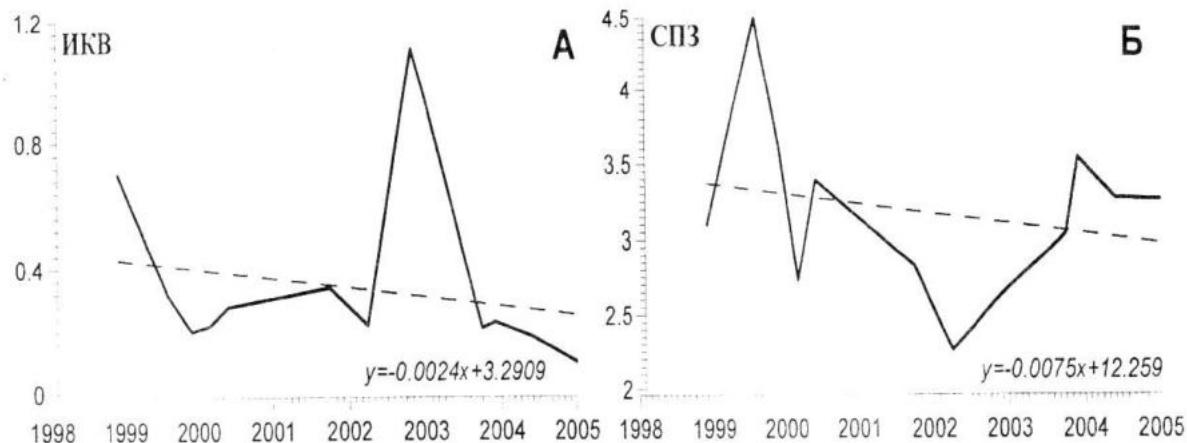


Рисунок 2 – Динамика величин индекса качества вод (ИКВ) и суммарного показателя загрязнения (СПЗ) донных отложений Керченского предпроливья Черного моря

ченское предпроливье. На состояние экосистемы этой части Черного моря оказывают влияние множество факторов, однако, на-

тов, так физико-химической характеристики водной среды. Известно, что наибольшей сорбционной способностью обладают

глинистые грунты, наименее песчаные. Также на процессы десорбции тяжелых металлов существенное влияние оказывает наличие в воде комплексообразователей. Совокупность этих факторов и приводит либо к высокому уровню загрязнения воды за счет вымывания металлов из грунтов, либо донных отложений в следствие их высокой сорбционной способности.

Несомненно, дампинг грунтов дноуглубления ухудшает химико-токсикологическое состояние водной среды, однако, исследования показали тенденцию к снижению уровня загрязненности водных масс и донных отложений тяжелыми металлами, что связано, по всей видимости, как с уменьшением нагрузки на действующую свалку, так и с увеличением гидродинамической активности, под влиянием которой происходит снос загрязненных донных отложений на большие глубины.

Содержащиеся в воде нефтепродукты представлены в основном фракцией нефтеуглеводородов (90 % и более). Если принять во внимание содержание нефтеуглеводородов, определенное в октябре 1998 г., т. е. до начала отвала грунтов дноуглубления, то концентрации, зафиксированные в процессе дампинга грунтов, за исключением ноября 1999 г., превышали фоновую в 3–13 раз. Кроме того, опять же исключая фоновое и минимальное количество нелетучих углеводородов, концентрации данной фракции превышали ПДК для воды рыбоводохозяйственных водоемов (0,05 мг/л) в 1,3–6 раз.

При этом уровень загрязненности придонного слоя воды нефтеуглеводородами был значительно ниже поверхностного. Исследования показали, что с началом отвала грунтов концентрация нефтеуглеводородов в июле 1999 г. увеличилась, по сравнению с фоновой величиной (0,023 мг/л), более чем в 3 раза и составила 1,5 ПДК. Затем количество данной фракции резко снижается, достигая в ноябре 1999 г. – феврале 2000 г. минимальной величины, равной 0,007–0,008 мг/л. И с этого времени концентрация нелетучих углеводородов начинает устойчиво увеличиваться приблизительно до марта

2003 г. и в этот период не превышала предельно допустимую величину. В сентябре 2003 г. отмечено незначительное снижение уровня загрязнения, затем резкий скачок до максимальной величины 0,134 мг/л или 2,7 ПДК. И, несмотря на уменьшение концентраций до 1,3 ПДК в декабре 2004 г., отмечается устойчивая тенденция увеличения уровня загрязненности придонного слоя воды нефтеуглеводородами.

Что касается донных отложений, то процесс накопления мало трансформированной фракции в них происходил противоположно с придонным слоем воды. В то время, когда содержание нефтеуглеводородов в придонной воде увеличивалось, в донных отложениях снижалось, и наоборот, когда уровень загрязненности придонного слоя воды был минимальным, концентрация в донных отложениях достигла максимальной величины. Исходя из этого, можно предположить, что происходит частичная десорбция нефтеуглеводородов в придонный слой воды. Тем не менее, в значительной степени вода загрязняться не будет, так как компоненты нефти, будучи адсорбированными донными отложениями, особенно их глинистой фракцией, будут вымываться в незначительных количествах.

В течение всего периода исследований донные отложения по загрязненности суммарными нефтепродуктами относились ко II уровню, и только с февраля 2000 г. по сентябрь 2001 г. загрязненность соответствовала III уровню, при котором согласно классификации грунтов, начинается деградация донных биоценозов [9].

Расчет трендов изменения содержания компонентов нефти показал, что уровень загрязнения нефтеуглеводородами поверхностной воды снижается, а придонной увеличивается. Для донных отложений выявлена тенденция снижения уровня накопления мало и сильно трансформированных фракций (рис. 3).

Из хлороганических соединений приоритетными загрязнителями воды и донных отложений были полихлорированные бифенилы и соединения группы ДДТ. Боль-

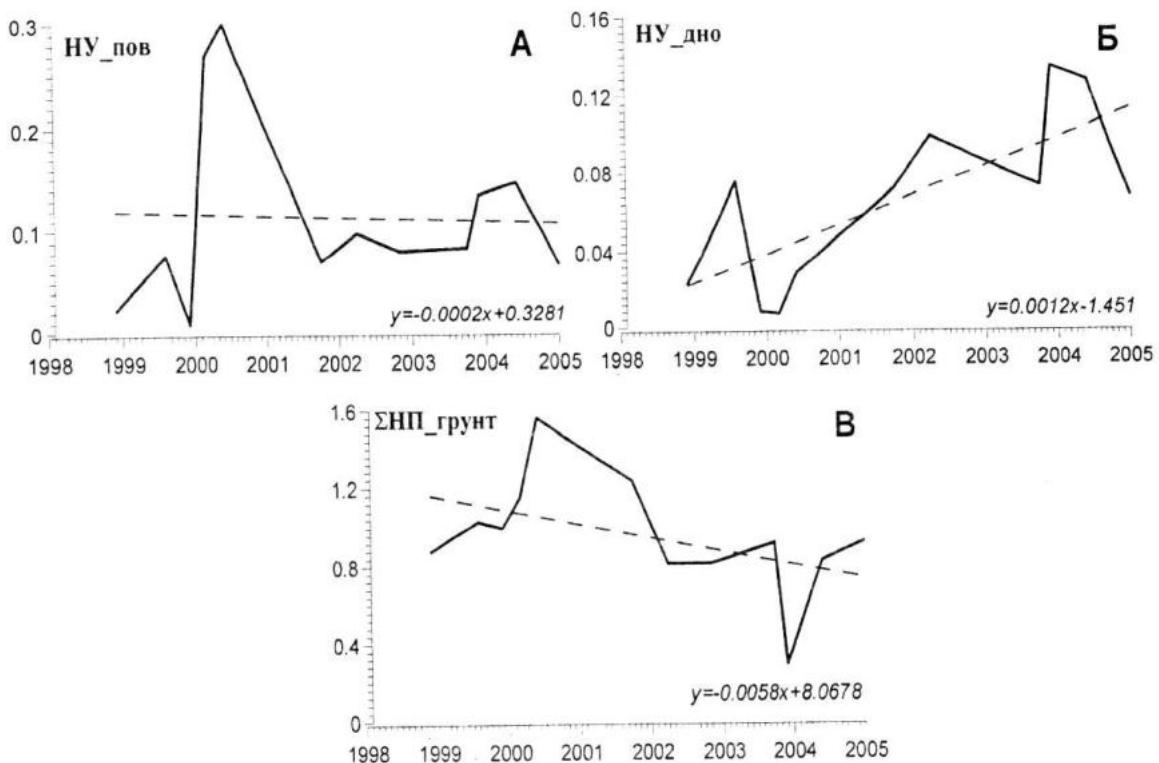


Рисунок 3 – Динамика содержаний нефтеуглеводородов в поверхностном (А) и придонном (Б) горизонтах воды (мг/л) и суммарных нефтепродуктов в донных отложениях (В, мг/г сухого вещества)
Керченского предпроливья Черного моря

шая доля загрязнения приходилась на полихлорированные бифенилы. В поверхностной воде доля ПХБ составляла от 0,7 до 99,4 %, в придонной – от 0,2 до 94,2 %. Чаще всего в придонной воде концентрация ПХБ была выше, чем на поверхности, что связано, по всей видимости, с большей величиной взвешенных частиц, не успевших полностью седиментировать, на которых адсорбированы указанные ксенобиотики.

Наибольшее загрязнение поверхностной воды было в мае 2004 г., придонной – в мае и декабре 2004 г. Прослеживалась тенденция увеличения загрязнения этими поллютантами к 2004 г. (рис. 4). По-видимому, это связано с увеличением загрязнения водной толщи взвешенными частицами второго компонента загрязнения из группы хлорорганических токсикантов (ДДТ и его метаболитов), была значительно меньше. Изменения их содержания с 1998 г. практически не наблюдалось. Средние концентрации этих токсикантов изменялись в пределах 0–555,3 нг/л. Максимальное содержание ДДТ в воде наблюдались в сен-

тябре 2001 г., а в мае и декабре 2004 г. они и вовсе отсутствовали, поэтому, в основном, за исключением 2001 г., содержание ДДТ и метаболитов не превышало 33 нг/л.

В донных отложениях доля содержания полихлорбифенилов была ниже, диапазон изменения составлял 50,1–82,6 %. Самое высокое содержание поллютантов следует отметить в 1998 г., когда дампинг грунтов на данную акваторию еще не производился. С 1998 г. содержание ПХБ в грунтах стало снижаться с 33,3 нг/г сухого вещества до 5,8 нг/г сухого вещества. По-видимому, это связано с тем, что в процессе дампинга грунтов происходит «прикрытие» грунтов, содержащих мелкодисперсные фракции, грунтами крупнодисперсными, сорбционная способность которых ниже, в результате чего загрязнение такими токсикантами, как ПХБ, уменьшается.

Доля ДДТ и метаболитов в общем загрязнении изменялась от 15,6 до 49 %. Наибольшая величина среднего содержания этих веществ была в 1999 г., а наименьшая – в мае 2004 г. С 1998 г. по 2004 г. концен-

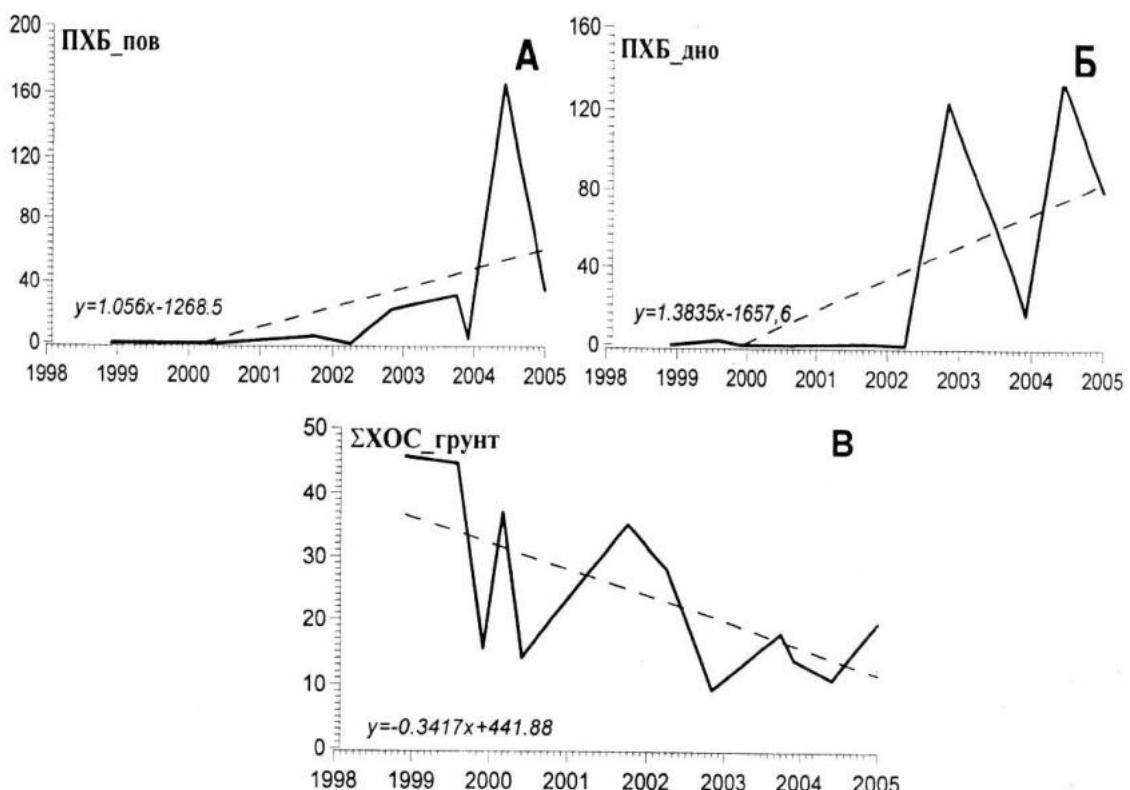


Рисунок 4 – Динамика содержаний полихлорированных бифенилов в поверхностном (А) и придонном (Б) горизонтах воды (нг/л) и суммарных хлорорганических соединений в донных отложениях (В, нг/г сухого вещества)

трации ДДТ, ДДД и ДДЭ в донных отложениях незначительно уменьшились с 21,4 до 15,6 нг/г сухого вещества.

Анализ динамики содержания хлорорганических соединений показал тенденцию снижения уровня загрязнения водной среды и донных отложений ДДТ и его метаболитами и увеличения степени загрязнения воды полихлорированными бифенилами при их снижении в донных отложениях.

Проведенный нами сравнительный анализ полученных в последние годы данных по загрязнению хлорорганическими соединениями с наблюдаемыми для других районов Черного моря (Керченский пролив - с. Заветное, п. Героевское, Каркинитский залив) показал, что полученные ранее величины (1986–1988 гг.) и сейчас сопоставимы. Но если ранее доля полихлорированных бифенилов в общем загрязнении как воды, так и донных отложений была ниже, то сейчас она возросла. Приоритетными загрязнителями в предыдущие годы были ДДТ и его метаболиты, а в настоящее время – полихлорированные бифенилы.

Таким образом, выявленные в процессе исследования закономерности свидетельствуют о том, что содержание токсикантов в воде прямо пропорционально их поступлению с грунтами дноуглубления, а содержание загрязняющих веществ в донных осадках зависит от результирующего их количества, оставшегося здесь после сброса в конкретный год, т. е. от интенсивности их выноса и трансформации.

Заключение. В работе исследуется два района северной части Черного моря – Керченская предпроливная зона и северо-западный шельф, имеющие большое рыбохозяйственное значение и, в то же время, подверженные воздействию различных антропогенных факторов.

Для Керченской предпроливной зоны установлено, что дампинг грунтов дноуглубления ухудшает химико-токсикологическое состояние водной среды, однако, исследования показали тенденцию к снижению уровня загрязненности водных масс и донных отложений тяжелыми металлами,

что связано, по всей видимости, как с уменьшением нагрузки на действующую свалку, так и с увеличением гидродинамической активности, под влиянием которой происходит снос загрязненных донных отложений на большие глубины.

По результатам рассчитанных трендов изменения содержания компонентов нефти показано, что уровень загрязнения нефтеуглеводородами поверхностной воды снижается, а в придонной – увеличивается. Для донных отложений выявлена тенденция снижения уровня накопления мало и сильно трансформированных фракций.

Для хлорорганических соединений отмечено снижение уровня загрязнения водной среды и донных отложений соединениями группы ДДТ и увеличение степени загрязненности воды полихлорированными бифенилами при их снижении в донных отложениях.

Для северо-западного шельфа Черного моря анализ природных и антропогенных факторов позволил выявить изменения химико-токсикологического состояния морской среды в процессе интенсивного развития газодобывающей отрасли и судоходства.

Показано, что трансформация экосистемы северной части Черного моря происходит под влиянием природных и антропогенных факторов, причем антропогенный вклад в суммарное загрязнение вод и донных отложений с каждым годом имеет тенденцию к увеличению.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования ее результатов при изучении изменений состояния среды и механизмов ее формирования, а также для математического моделирования экологических ситуаций в районах, подверженных значительным антропогенным нагрузкам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.А. Израэль. Экология и контроль природной среды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 560 с.
2. О.А. Петренко, Т.М. Авдеева, Н.М. Литвиненко, Н.Б. Заремба, С.С. Жугайло. Трансформация современного состояния экосистемы западной части Азовского моря за период 1996-2004 гг. // Сб. науч. тр. НАН Украины: Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ, 2005. – С. 313–319.
3. Т.М. Авдеева, О.А. Петренко, Л.К. Себах. Динамика химического загрязнения экосистемы западной части Азовского моря. Современное состояние экосистем Черного и Азовского морей // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции (Крым, Донузлав, 13-16 сентября 2005 г.). – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2005. – С. 7.
4. С.А. Патин. Экологические проблемы освоения нефтегазоносных ресурсов морского шельфа. – М.: ВНИРО, 1997. – 349 с.
5. Д.Я. Фащук, Т.М. Авдеева, А.П. Егоров, О.А. Петренко, А.В. Леонов. Мониторинг условий среды в районе добычи газа на северо-западном шельфе Черного моря // Водные ресурсы, 2006. – Т. 33. – № 1. – С. 44-61.
6. О.И. Лобковский и др. Геэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий. – М.: Наука. – 2005. – 325 с.
7. С.С. Жугайло. Особенности загрязнения северо-западного шельфа Черного моря нефтепродуктами в зоне добычи углеводородов // Тезисы докладов Международной конференции молодых ученых «Современные проблемы природопользования в прибрежных морских акваториях Украины»: (Севастополь-Кацивели, 12-14 июня 2007 г.) – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2007. – С. 98–99.
8. О.А. Петренко, С.М. Шепелева, С.С. Жугайло. К вопросу об уровне загрязнения ДДТ экосистем Черного и Азовского морей в современных условиях // Рыбное хозяйство, 2006. – № 2(43). – С. 28–30.
9. О.Г. Миронов, Н.Ю. Миловидова, Л.Н. Кириухина. О предельно допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Черного моря // Гидробиологический журнал, 1986. – Т. 22. – № 6. – С. 76–78.