

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ВОД КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

С.С. Жугайло, Л.К. Себах,
Р.В. Боровская

Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО)

г. Керчь, ул. Свердлова, 2, Украина

E-mail: yugniro@kerch.com.ua

Приведена характеристика качества вод южной части Керченского пролива по основным гидрохимическим показателям за последнее десятилетие. Показано, что в современных антропогенных условиях межгодовые и сезонные изменения абсолютных величин солёности, водородного показателя, растворённого кислорода и биохимического его потребления в основном определяются природными процессами. Влияние хозяйственной деятельности в наибольшей степени сказывается на динамике биогенных веществ и выражается в увеличении содержания в водной среде минерального азота и в повышении уровня эвтрофикации вод пролива.

Введение. Формирование качества вод Керченского пролива в условиях осуществляемой в регионе хозяйственной деятельности определяется влиянием как природных, так и антропогенных факторов (интенсификация судоходства, строительство гидротехнических сооружений, работа портовых и рейдовых перегрузочных комплексов в зоне Украины и России, эксплуатация береговых нефтехранилищ в Тамани и порту Кавказ, перевалка нефти с использованием накопителей на российской стороне, сброс сточных вод и др.).

В последнее время все более актуальной становится проблема техногенного поступления биогенных элементов в водные системы суши и моря с хозяйственно-бытовыми сточными водами в виде поверхностного стока с сельскохозяйственных территорий и населенных пунктов, а также в результате рейдовой перегрузки минеральных удобрений на суда.

Целью настоящей работы явилось исследование тенденций и закономерностей формирования гидрохимических условий в Керченском проливе в условиях возрастающего антропогенного влияния.

Материал и методика. Материалами для обобщения послужили результаты мониторинга вод украинской зоны Керченского пролива (более 20 комплексных океанологических съёмок), выполняемого сотрудниками Лаборатории охраны морских экосистем ЮгНИРО, аккредитованной в системе Госстандарта Украины. Химический анализ проб воды выполнялся по стандартным методикам [1, 2], соответствующим области аттестации.

В данной работе проанализированы основные гидрохимические показатели состояния вод пролива в последнее десятилетие с привлечением материалов за 1997–1999 гг.: пределы изменения основных гидрохимических характеристик состояния водной среды, сезонная и межгодовая динамика их средних значений. Осреднение указанных характеристик проводилось по гидрологическим сезонам для Керченского пролива, обусловленным годовым ходом температуры (зима – январь-март, весна – апрель-июнь, лето – июль-сентябрь, осень – октябрь – декабрь) и в целом за год.

Обсуждение результатов. Среднесезонные значения солёности в поверхностном горизонте вод Керченского пролива ниже аналогичных значений придонного горизонта; межгодовые изменения солёности имеют нерегулярный характер, закономерность в динамике солёности вод в рассматриваемый период наблюдений не выявлена. Динамика изменения среднесезонных значений солёности поверхностных и придонных вод различна. Для поверхностного слоя акватории пролива в зимний период среднесезонные величины солёности минимальны (15,11 ‰), далее к летнему периоду рассматриваемые значения увеличиваются, достигая своей максимальной величины (17,26 ‰), уменьшаясь в осенний гидрологический период. В придонном слое воды минимум средне-

сезонных значений (16,93 ‰) приходится также на зимний период и, достигая максимума к осеннему периоду (17,78 ‰), уменьшаются к зимнему.

Наиболее устойчива халинная структура вод Керченского пролива в зимний гидрологический сезон, что обусловлено процессом таяния льда, понижающим соленость вод Азовского моря, которые с распресненным азовским течением привносятся в Керченский пролив [3].

В течение всего периода наблюдений активная реакция среды рН в поверхностном слое вод пролива изменялась от 8,00 до 8,70. В придонном слое воды величины рН были несколько ниже, чем на поверхности. Экстремальные значения наблюдались в феврале 2008 г.

Сезонные изменения средних величин этого показателя характеризуются следующим образом. Как в поверхностном, так и в придонном горизонте вод в зимний сезон наблюдалось промежуточное между экстремальными величинами значение этого показателя, определяемое уровнем фотосинтеза, характерного для данного периода. К весне, началу процесса вегетации фитопланктона, они уменьшились до минимальных значений. В летний сезон процессы продуцирования первичного органического вещества интенсифицировались, и происходило возрастание рН, а осенью отмечался его максимум.

Наблюдаемые концентрации растворенного кислорода в поверхностном слое изменялись в широких пределах - от 6,05 мг/л до 13,23 мг/л. Максимальное значение было зафиксировано в феврале 2008 г., а минимальное - в октябре 2009 г. Содержание кислорода менее 4 мг/л на поверхности воды не наблюдалось.

Содержание кислорода в придонной воде было несколько ниже - 3,80 - 11,12 мг/л. Наибольшая концентрация наблюдалась в марте 2010 г., а наименьшая - в сентябре 2007 г. Уменьшение кислорода у дна связано, по всей видимости, с поступлением сюда большого количества органических веществ из верхних слоев воды и донных отложений, которые при своем окислении уменьшают содержание этого газа, а также трансформированных черноморских вод, отличающихся

низкими величинами содержания кислорода [6].

В динамике среднесезонных величин содержания кислорода отмечен их максимум в зимний сезон, летом наблюдалось минимальное значение, к осени их значения по сравнению с летними повысились. Изменение содержания кислорода по сезонам имело тенденцию, обратную сезонным изменениям температуры. Среднесезонные величины насыщения воды кислородом были минимальными зимой (101 % насыщ.), а максимальными осенью (134 % насыщ.).

Биологическое потребление кислорода (БПК₅) представляет собой косвенную характеристику количества аллохтонного и автохтонного легкоокисляемого органического вещества в воде, источником которого являются остатки организмов и продукты обмена веществ, главным образом планктонного происхождения, а также вещества, приносимые в водоем извне [5].

В поверхностном горизонте наблюдаемые величины БПК₅ изменялись от 0,01 мгО₂/л до 2,59 мгО₂/л. Наименьшими эти величины были в марте 2009 и 2010 гг., а наибольшими - в феврале 2008 г. В придонной воде диапазон наблюдаемых концентраций был более широким - от 0,01 до 4,22 мгО₂/дм³. Наибольшее значение этого показателя наблюдалось в сентябре 2009 г. Величины БПК₅, незначительно превышающие 3 мгО₂/л, наблюдались на единичных станциях в придонном горизонте в летний гидрологический сезон (июнь, сентябрь).

Среднесезонные величины БПК₅ в поверхностном горизонте вод изменялись в небольшом диапазоне - от 0,77 до 1,13 мгО₂/л. Минимальные их значения наблюдались зимой, а максимальные - весной в период весенней вспышки цветения фитопланктона. В придонном горизонте вод диапазон изменения был более широк - от 0,64 до 1,89 мгО₂/дм³. Динамика среднесезонных величин аналогична таковой для поверхностного горизонта.

Основными гидрохимическими показателями состояния морских экосистем, определяющими условия их функционирования, являются биогенные вещества.

Это преимущественно соединения азота и фосфора. Они наиболее часто выступают в роли элементов, лимитирующих биологическую продуктивность экосистем. Изменение во времени концентраций биогенных веществ в морской среде определяется не только динамическими процессами в море (течения, конвекция, турбулентная диффузия и др.), но и всем комплексом продукционно-деструкционных процессов [5].

В морской воде соединения азота и фосфора представлены органическими и неорганическими формами. Обмен между ними, а также живыми организмами является основным фактором, определяющим жизнь водоема. Органический азот являлся преобладающим компонентом в валовом содержании азота – в среднем на его долю приходится до 97%.

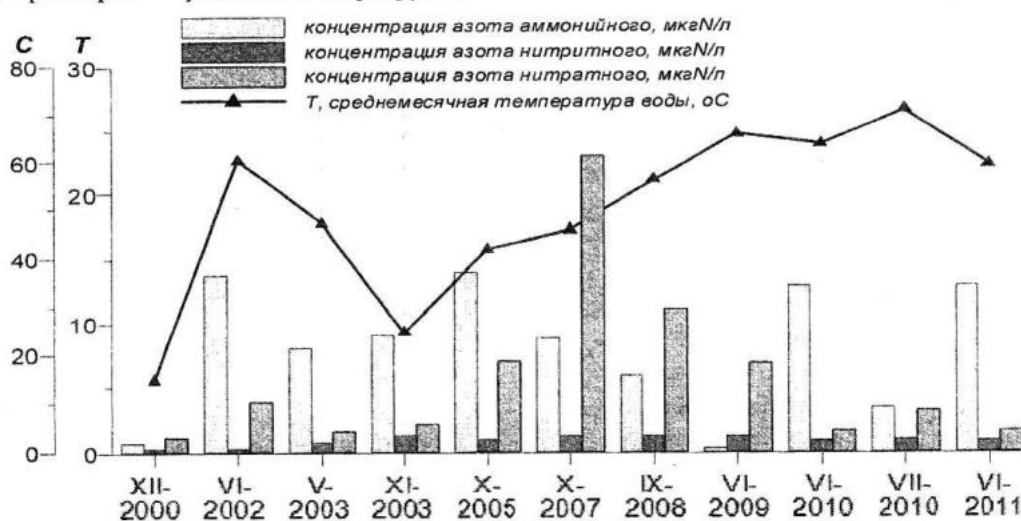
Основной формой существования в воде минерального азота, в которой азот имеет максимальную степень окисления, является нитратная. Так же, как и минеральные формы азота, минеральный фосфор (фосфаты) при нормальном функционировании морских экосистем высвобождается в результате деструкции органического вещества, но может быть привнесен извне (например, с фосфорсодержащими минеральными удобрениями), а также из глубинных горизонтов в результате вертикального обмена.

Наряду с природными факторами, динамика биогенных веществ в Керченском проливе в значительной степени обусловлена влиянием двух антропогенных факторов – рейдовой перегрузки

районе о. Коса Тузла гидрологическими условиями в регионе.

Ассортимент минеральных удобрений, перегружаемых на внешнем рейде украинской части Керченского пролива за период наблюдений включал нитроаммофос, карбамид, сульфат аммония, селитру и сульфат калия. Первая партия минеральных удобрений (аммофоса) в объеме 36 тыс. т была перегружена в 1997 г. К 2003 г. объем перегрузок достиг максимума – 256 тыс. т в год. В последующие годы объем перегрузки снижался, а с 2008 г. перегрузка минеральных удобрений не производится. Данными об объемах перегрузки минудобрений в районе российского рейдового комплекса мы не располагаем..

При попадании минеральных удобрений в морскую среду в процессе перегрузки происходит быстрое их растворение и обогащение воды соединениями азота (преимущественно аммонийного). Влияние интенсивной перегрузки минеральных удобрений, содержащих соединения азота и фосфора, в Керченском проливе (период 1998-2007 гг.) выразилось в увеличении абсолютного содержания минерального азота в водной среде и вклада аммонийного азота, концентрации которого с увеличением объемов перегрузок также значительно возросли. Высокие концентрации минеральных форм азота в последующий период 2008-2011 г. обусловлены, вероятно, повышенным тепловым фоном (рис. 1).

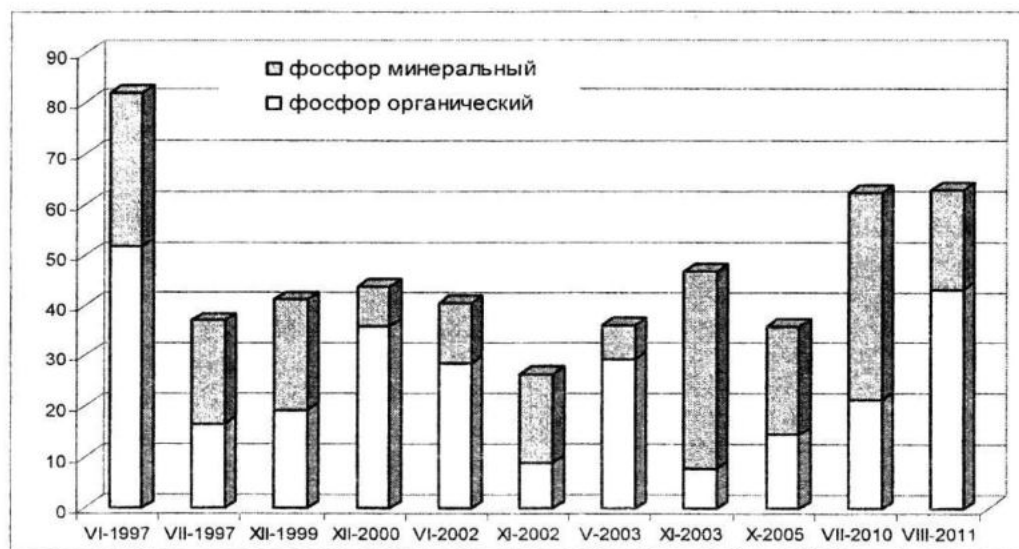


Р и с. 1. Межгодовая динамика минеральных соединений азота (мкгN/л) в воде Керченского пролива в 2000–2011 гг.

Концентрации валового фосфора в водах южной части пролива составили от 26,2 до 82,0 мкгР/л. В количественном выражении концентрации органического фосфора на порядок ниже концентраций органического азота. Несмотря на интенсивное изъятие фосфатов фитопланктоном в летний период, содержание минерального фосфора в отдельные годы больше, чем органического (рис. 2). Такое сочетание высоких значений органи-

ческой и минеральной форм фосфора одновременно свидетельствует о привнесении биогенов извне.

По всей видимости, потребление питательных солей фитопланктоном выполняется в проливе не только за счет разложения органического вещества и поступления минеральных удобрений, но и за счет изменения гидрологической ситуации вследствие строительства дамбы вблизи о. Тузла.



Р и с. 2. Динамика соединений фосфора в воде Керченского пролива (мкгР/л)

Подтверждением этому являются результаты исследований, опубликованные в [8]. Указанное изменение в первую очередь проявилось в обострении характеристик гидрологического фронта вблизи острова. Появился устойчивый поток южного направления в протоке между дамбой и о. Коса Тузла, по всей видимости увлекающий за собой воды высокотрофного Таманского залива. При относительно благополучном экологическом состоянии вод региона, гидрохимические характеристики которого находятся в пределах среднесезонных, отмечено существование четко выраженного гидрохимического фронта, проходящего практически на траверзе о. Коса Тузла, и зоны подъема вод, примыкающей к его южной части.

В последние 3 года, когда перегрузка минеральных удобрений прекратилась, восстановилось естественное соотноше-

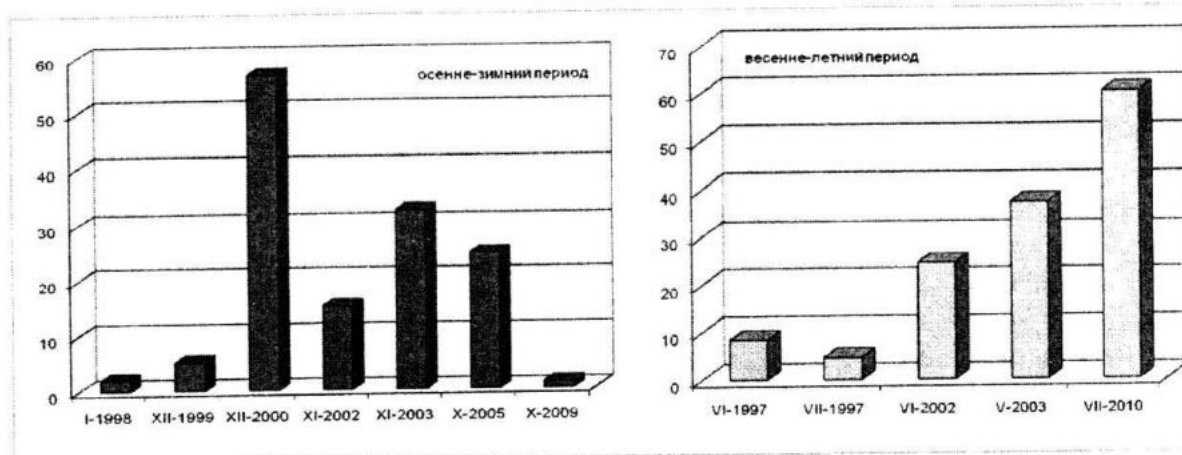
ние минеральных форм азота – преобладающей формой стал азот нитратов, однако содержание его соединений осталось высоким и особенно возросло в 2009–2011 гг., которые, как уже упоминалось выше, характеризовались повышенным тепловым фоном, а также высоким уровнем развития фитопланктона.

Сравнение концентраций общего азота и его минеральных форм показало преобладание органической компоненты практически за весь исследуемый период, что свидетельствует о превалировании продукционных процессов над деструкционными, а, следовательно, о значительном уровне эвтрофикации вод пролива.

Уровень антропогенной составляющей эвтрофикации определяется на основе соотношения органической и минеральной форм биогенных веществ. Несмотря на то, что полученные нами кон-

центрации биогенных веществ не превышали величин ПДК, рассчитанные отношения органического азота к мине-

ральному ($N_{орг}/N_{минер}$) свидетельствуют о значительном антропогенном влиянии на экосистему пролива (рис. 3).

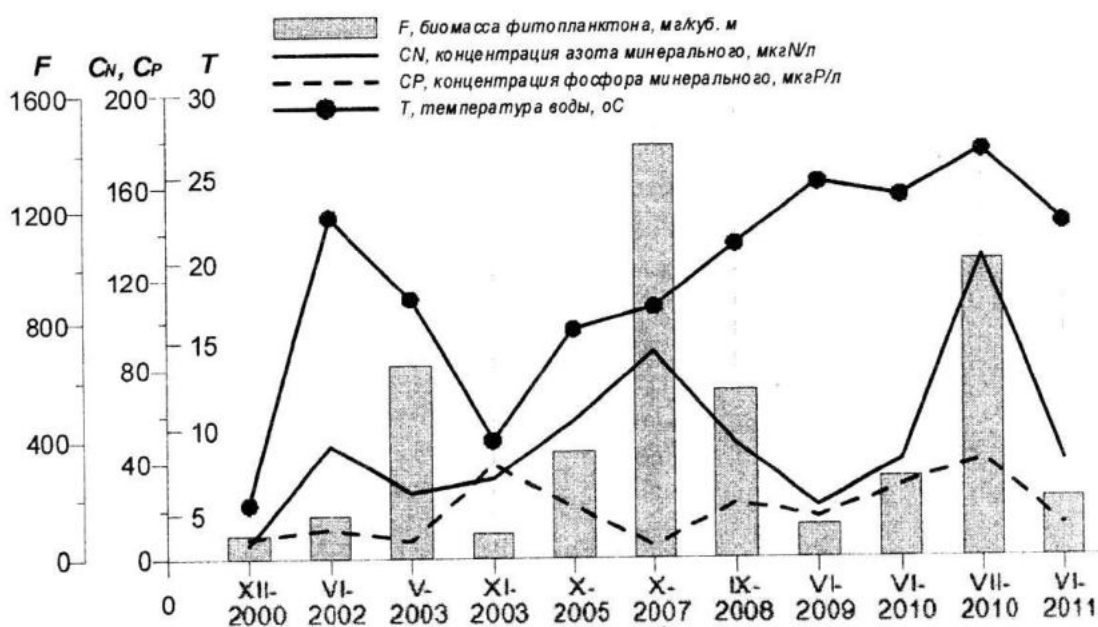


Р и с. 3. Уровень антропогенной составляющей эвтрофикации вод Керченского пролива: соотношение органической и минеральной форм азота $N_{орг}/N_{минер}$

Среднее за рассматриваемый период соотношение $N_{орг}/N_{минер}$ составило в поверхностном горизонте 27,0, в придонном – 28,4, что сопоставимо с данными УкрНЦЭМ [7].

Анализ межгодовой динамики минераль-

ных форм азота и фосфора в сравнении с биомассой фитопланктона в Керченском проливе показал, что более интенсивно фитопланктоном потребляются фосфаты, минеральные соединения азота не являются лимитирующим фактором для его развития (рис. 4).



Р и с. 4. Межгодовая динамика минеральных форм азота, фосфора и биомассы фитопланктона в Керченском проливе в 2000–2011 гг.

Заключение. На основании анализа результатов мониторинга состояния экосистемы Керченского пролива за последнее десятилетие можно сделать следующие выводы.

Рассматриваемые основные гидрохимические показатели качества вод (соленость, активная реакция среды рН, растворенный кислород и биохимическое его потребление) изменялись в известных пределах. Аномальных величин их значений не зафиксировано. Сезонные и межгодовые изменения в основном обусловлены происходящими в водоеме природными процессами.

В многолетнем плане прослеживается тенденция увеличения уровня антропогенной составляющей эвтрофикации вод Керченского пролива, особенно в весенне-летний период.

Более интенсивно фитопланктоном потребляются фосфаты, минеральные соединения азота не являются лимитирующим фактором для его развития.

Отмечаемое с 2002 г. увеличение содержания биогенных веществ в воде Керченского пролива и превышение органической компоненты общего азота и фосфора над минеральной практически за весь исследуемый период, свидетельствует о преобладании продукционных процессов над деструкционными, а следовательно об увеличении эвтрофированности вод Керченского пролива. Высокое содержание соединений азота обусловлено как перегрузкой минеральных удобрений, так и другими факторами, в том числе повышенным тепловым фоном, а также высоким уровнем развития фитопланктона.

Уровень антропогенной составляющей эвтрофикации определяется на основе соотношения органической и минеральной форм биогенных веществ. Несмотря на то, что полученные нами концентрации биогенных веществ не превышали величин ПДК, рассчитанные отношения органического азота к минеральному (Nорг/Nминер) свидетельствуют о значительном антропогенном влиянии на экосистему пролива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. КНД 211.1.4.023-95. Якість вимірювань складу та властивостей об'єктів довкілля та джерел їх забруднення, Київ, 1997. – 662 с.
2. РД 52.10.243-92. Руководство по химическому анализу морских вод – Л., Гидрометиздат, 1993. – 264 с.
3. Жугайло С.С., Себах Л.К. и др. Динамика основных гидрохимических характеристик качества вод Керченского пролива в современных условиях // Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане. – Керчь: ЮгНИРО, 2011. – С. 137–146
4. Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 288 с.
5. Алевкин О.А. Химия моря – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 248 с.
6. Себах Л.К., Жугайло С.С., Шепелева С.М. и др. Биогенные элементы в экосистеме Керченского пролива // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна: мат. VI междунар. конф., 6 октября 2010 г., Керчь. – Керчь: ЮгНИРО, 2010. – С. 20–26.
7. Борулько В.І., Деньга Ю.М. Екологічний стан Чорного та Азовського морів у 2009 р. // Проблеми екологічної безпеки та розвитку морехозяйственного и нефтегазового комплексов /Материалы VII Международной научно-практической конференции. УО МАНЭБ. Херсон–Одесса: «Пассаж». – 2010. – С. 38–46.
8. Горячкин Ю.Н., Кондратьев С.И., Лисиценок А.Д. Гидролого-гидрохимические характеристики и динамика вод в Керченском проливе в марте 2004 г. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа / Сб. научн. тр. – Вып. 12. – С. 108–120.