

С.С.Жугайло

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

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТАМИ  
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ  
В ЗОНЕ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Представлены результаты мониторинговых исследований уровня загрязнения нефтепродуктами вод и донных отложений северо-западного шельфа Черного моря в зоне добычи углеводородов. Показаны пространственное распределение загрязнения морской среды компонентами нефти и межгодовая динамика их осредненных концентраций. Выполнена сравнительная оценка содержания нефтепродуктов в районах размещения морских стационарных платформ с фоновыми концентрациями.

Северо-западный шельф Черного моря (СЗЧМ) наряду с уже традиционными факторами (сток рек, промышленные и хозяйственно-бытовые стоки, судоходство и т.д.) в последние 20 лет испытывает на себе дополнительный фактор антропогенного воздействия – добычу углеводородов.

В настоящее время углеводородный потенциал нефтегазоносных и перспективных отложений всего украинского сектора Черного моря оценивается в 1126 млн. т усл. топлива (извлекаемого), что составляет 78,3 % суммарных неразведанных ресурсов морских акваторий Украины [1]. В среднем в течение года (по данным Института минеральных ресурсов) на морских месторождениях северо-западного шельфа Черного моря добывается 800 – 850 млн. м<sup>3</sup> газа. В пределах северо-западного шельфа Черного моря открыто 8 газовых и газоконденсатных месторождений: Голицынское, Южно-Голицынское, Штормовое, Архангельское, Шмидта, Крымское, Одесское, Безымянное. Коэффициент успешности поисковых работ составляет 0,45. В разработке находится три месторождения: Голицынское, Штормовое и Архангельское. Остальные месторождения находятся в ожидании обустройства.

Процесс разработки морских месторождений углеводородов включает в себя геолого-геофизические изыскания, разведочное бурение, обустройство месторождения, промышленную эксплуатацию и ликвидацию промысла. На каждом из этих этапов морская экосистема испытывает определенные виды воздействия, сопровождающиеся физическими (отчуждение акваторий для трасс продуктопроводов, повышение содержания взвеси, упругие колебания при сейсморазведке), химическими (загрязнение воды и донных отложений компонентами буровых растворов, буровым шламом и др.) и биологическими нарушениями. Поэтому важнейшей задачей в условиях разведки и эксплуатации морских месторождений углеводородов является обеспечение экологической безопасности на шельфе и охрана морских биоресурсов [2].

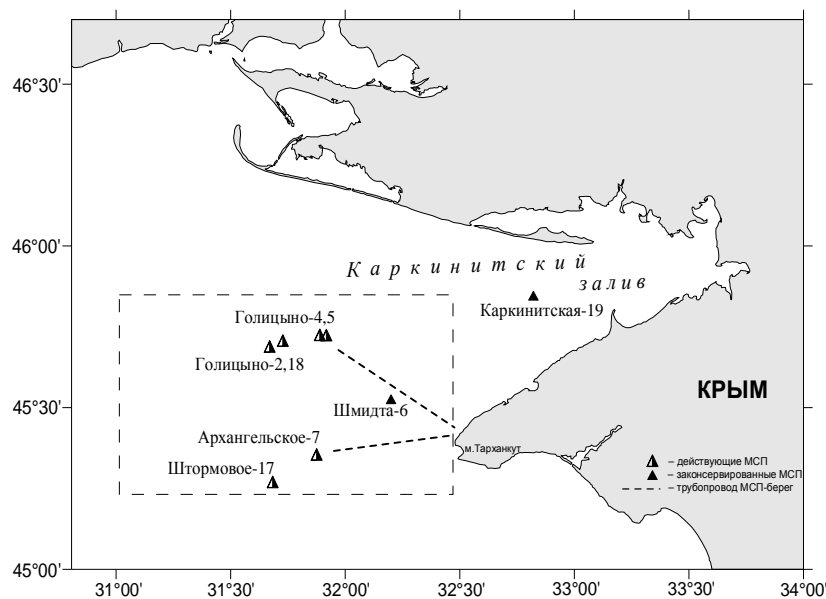
На этапе разведочного морского бурения основными источниками загрязнения моря являются буровые растворы и буровые шламы. Промысловая эксплуатация скважин сопровождается появлением еще одного, самого

массового, вида отходов и источника загрязнения при морской добыче углеводородов – пластовых вод. В начале разработки месторождения их доля обычно составляет 1 % от общего количества добываемой нефти или газа, а в конце эксплуатации она может достигать 95 % объема продукции скважины. Газовые месторождения, по сравнению с нефтяными, содержат в пластовых водах более высокие концентрации нефтепродуктов с большим размахом колебаний их абсолютных значений. [3]. По оценке экспертов доля поступления нефтепродуктов от морских нефтепромыслов в среднем составляет 1,3 – 1,6 % от общего мирового потока в Мировой океан. Но в районах интенсивной нефтегазодобычи эта доля может возрастать до 30 % [4].

Нефтяные углеводороды являются одними из наиболее опасных загрязнителей, поражающими морскую экосистему вследствие отравляющего, мутагенного и канцерогенного действия на гидробионты.

Специалисты лаборатории охраны морских экосистем ЮгНИРО на протяжении более 20 лет осуществляют ежегодный комплексный гидрогеохимический мониторинг состояния экосистемы СЗЧМ в районах проведения буровых работ и промышленной добычи газа (рис.1). Анализ полученных результатов позволяет судить о закономерностях распределения токсичных веществ и их накопления в компонентах экосистемы. Особенно актуально в этом смысле содержание нефтепродуктов в морской среде как в период наиболее интенсивного загрязнения данной акватории, так и в годы его снижения [5 – 7].

Анализ результатов последних лет (2003 – 2006 гг.) позволил представить межгодовую динамику уровня загрязненности водных масс и донных отложений нефтепродуктами на основе рассчитанных средних концентраций в районе эксплуатируемых месторождений Голицынское, Штормовое, Архангельское и провести сравнительную оценку содержания нефтепродук-



Р и с . 1 . Район комплексного мониторинга СЗЧМ в зоне добычи углеводородов.

тов на фоновых станциях и в местах расположения морских стационарных платформ (МСП). За весь период исследований проанализированы данные ежегодных комплексных съемок данной акватории, выполнено около 500 определений нефтепродуктов в поверхностном, придонном горизонтах воды и донных осадках СЗЧМ.

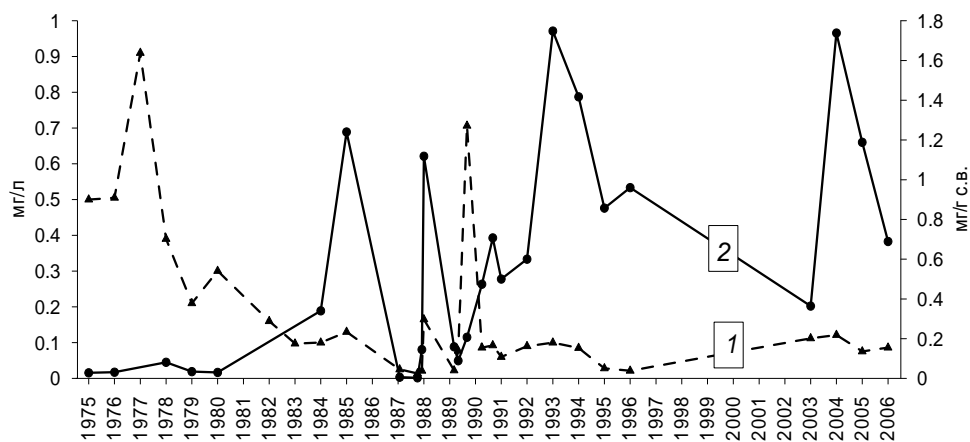
Анализ содержания нефтепродуктов (НП) в морской среде позволил оценить как легкотрансформируемую фракцию – нелетучие углеводороды (НУ), так и малотрансформируемую – смолы и асфальтены. Последние при хроническом характере загрязнения особенно интенсивно накапливаются в донных отложениях. При этом количество НУ определялось методом ИК-спектрофотометрии, смолистый компонент – флюориметрически.

По результатам наблюдений ЮгНИРО среднегодовые концентрации нефтепродуктов в воде и донных отложениях СЗЧМ за весь период исследований составили 0,02 – 0,91 мг/л и 0,03– 1,98 мг/г сухого вещества соответственно (рис.2).

Можно выделить несколько этапов повышения и снижения уровня нефтяного загрязнения вод СЗЧМ [8]:

1975 – 1984 гг.: до начала буровых работ был отмечен наиболее высокий уровень загрязнения, устойчивое превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов (0,05 мг/л) в воде поверхностного и придонного горизонтов произошло в 10 – 20 раз, достигнув максимума 2,9 мкг/л (58 ПДК) в 1977 г. К 1984 г., после ужесточения мер контроля за перевозкой НП, загрязнение вод Каркинитского залива снизилось, превышая, тем не менее, норму по средним величинам в 2,5, по максимальным – в 4 – 6 раз.

1984 – 1989 гг.: после начала разведочного бурения и в процессе промышленной эксплуатации скважин в течение пяти лет в зонах МСП наблюдалось загрязнение нефтепродуктами вод СЗЧМ до 3 – 4 ПДК, максимальная средняя концентрации НП в воде 0,32 мг/л в придонном и 0,21 мг/л в поверхностном горизонтах была зафиксирована в 1989 г., что можно объяснить началом разведочного бурения в районе МСП «Каркинитская-19»



Р и с . 2 . Динамика загрязнения нефтепродуктами вод (1) и донных отложений (2) СЗЧМ.

В августе 1989 г., (при этом концентрации НП достигали 26,5 ПДК на поверхности и 42 ПДК в придонном слое).

90-е гг.: наиболее низкие концентрации НП в воде обусловлены, по-видимому, резким спадом производства в конце 80-х – начале 90-х гг. и, следовательно, значительным снижением поступления токсиканта в акваторию. На большинстве станций отмечались концентрации, не превышающие норму. Максимальная концентрация отмечена в 1993 г. 3,6 ПДК («Каркинитская-19») в придонном горизонте, в поверхностном же горизонте концентрации оставались на уровне 2 ПДК.

В донных отложениях наблюдается абсолютно противоположная картина – отмечается повсеместное постепенное накопление нефтепродуктов в поверхностном слое. Можно выделить два периода:

1975 – 1987 гг.: средние концентрации нефтепродуктов в поверхностном слое осадков составляли 0,03 – 0,34 мг/г с.в. Максимальная средняя концентрация отмечена в 1984 г.

Начиная с 1988 г., отмечается постепенное накопление НП в поверхностном слое донных осадков. Диапазон средних концентраций варьировал от 0,15 в 1989 г. до 1,7 мг/г с.в. в 1993 г. Следует отметить, что максимальная концентрация, составившая 11 мг/г с.в., отмечалась в районе МСП «Шмидта-6» в 1993 г. что и послужило одной из причин ее консервации.

На современном этапе исследований (2003 – 2006 гг.) в водной среде диапазон средних концентраций нефтепродуктов составил 0,07 – 0,12 мг/л. Фракционный состав был представлен в основном нелетучими углеводородами (95 – 97 %). Концентрации, превышающие ПДК, наблюдались на большинстве станций экологической съемки. Максимальное содержание НП отмечено в 2004 г.: 4,5 ПДК как в поверхностном, так и в придонном горизонтах, в целом же наблюдается тенденция незначительного снижения содержания нефтепродуктов (табл.1).

Донные отложения вследствие высокого содержания в них нефтепродуктов при проведении различных работ на шельфе, обуславливающих интенсификацию

Т а б л и ц а 1. Характеристика загрязнения нефтепродуктами вод и донных отложений СЗЧМ в зоне добычи углеводородов.

год	вода, мг/л		донные отложения, мг/г с.в	доля смол и асфальтенов в донных отложениях, %
	поверхностный горизонт	придонный горизонт		
2003	<u>0,05 – 0,19*</u> 0,12	<u>0,07 – 0,17</u> 0,11	<u>0,08 – 1,58</u> 0,34	46
2004	<u>0,05 – 0,23</u> 0,12	<u>0,04 – 0,23</u> 0,12	<u>1,13 – 2,37</u> 1,73	15
2005	<u>0,04 – 0,15</u> 0,08	<u>0,04 – 0,14</u> 0,07	<u>0,40 – 5,33</u> 1,23	50
2006	<u>0,04 – 0,13</u> 0,08	<u>0,05 – 0,13</u> 0,09	<u>0,20 – 3,83</u> 0,69	33

\* числитель – диапазон, знаменатель – средние концентрации.

вное взмучивание осадков, имеют немаловажное значение в формировании уровня загрязненности морской среды СЗЧМ.

Среднее содержание нефтепродуктов в донных осадках изменялось в пределах 0,34 – 1,73 мг/г с.в., диапазон изменения концентрации – от 0,08 до 5,33 мг/г с.в. В 2004 г. концентрации, превышающие величину 1 мг/г, при которой начинается деградации донных биоценозов согласно [9], отмечены на всех станциях экологической съемки, в 2005 – на 45 % станций, в 2003 и 2006 гг. – только на одной станции. Довольно высокий процент содержания смол и асфальтенов во фракционном составе нефтепродуктов свидетельствует о давнем поступлении нефтепродуктов в донные отложения, а также об их значительной временной трансформации (табл.1).

В пространственном распределении НП в донных осадках 2003 год характеризовался относительно низким содержанием нефтепродуктов по сравнению с последующими годами. Максимальная концентрация зафиксирована в районе МСП «Штормовая-17», в то время как на остальной акватории она изменялась от 0,079 до 0,635 мг/г с.в. В 2004 г. концентрации распределялись по всей акватории достаточно равномерно (1,24 – 2,37 мг/г с.в.), наибольший уровень загрязнения в указанный период зафиксирован в районе Голицынского (1,24 – 2,18 мг/г с.в.) и Архангельского месторождений (1,12 – 2,34 мг/г с.в.), при этом аналогичная концентрация была определена и вне зоны влияния МСП – южная часть исследуемой акватории. В 2005 г.

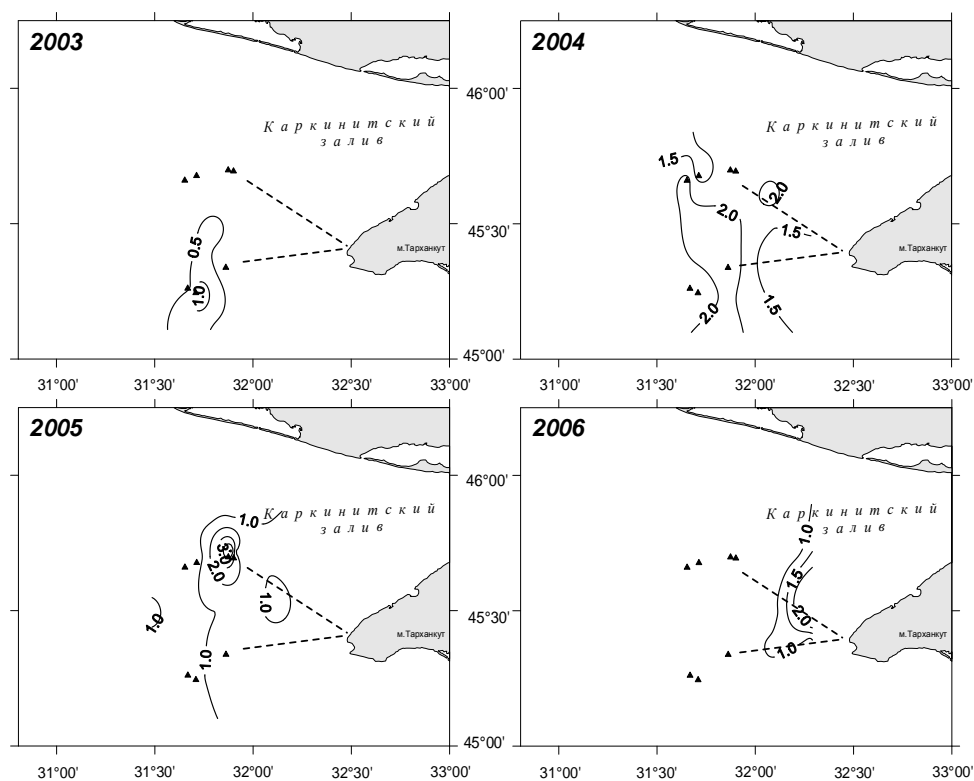


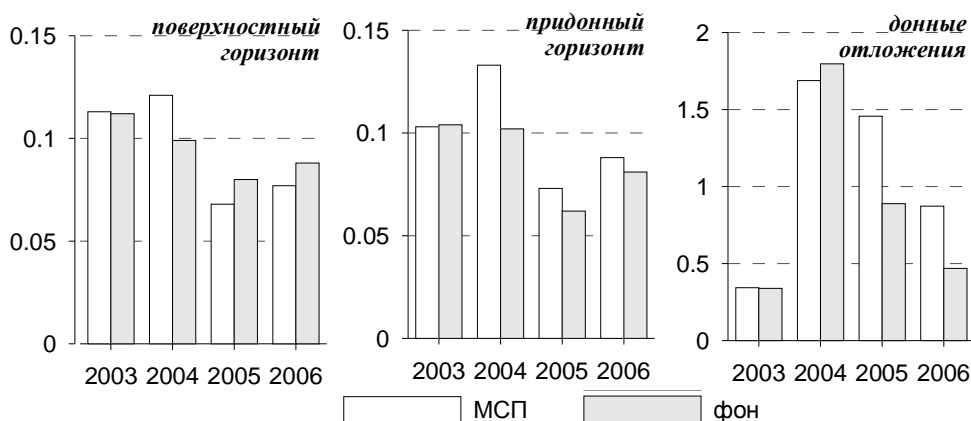
Рис. 3. Пространственное распределение нефтепродуктов в донных отложениях (мг/г с.в.) северо-западного шельфа Черного моря.

в пространственном распределении НП отмечается хорошо выраженный максимум, приуроченный к району расположения МСП «Голицыно-4», от этой зоны их содержание устойчиво снижалось во всех направлениях, достигая минимальной величины на северо-западе – в районе МСП «Голицыно-18». Для 2006 года характерно смещение зоны максимального уровня загрязнения НП из центральной части исследуемой акватории на восток, наибольшее их содержание зафиксировано в районе газопровода Архангельское-берег. В донных отложениях остальной части залива концентрация нефтепродуктов не превышала 1 мг/г с.в. (рис.3).

Постоянное присутствие в морской воде нефтепродуктов, в концентрациях, превышающих нормативные величины, и накопление в донных осадках тяжелых нефтяных фракций, обладающих канцерогенной, мутагенной активностью при долговременном их воздействии на экосистему может привести к хроническому антропогенному загрязнению.

Сравнительный анализ содержания нефтепродуктов на фоновых станциях и в местах расположения морских стационарных платформ (рис.4) показал, что концентрации токсикантов в придонном горизонте, как правило, были выше в районе МСП, чем на фоновых станциях, обратная тенденция наблюдалась для поверхностного горизонта. В поверхностном горизонте средние концентрации в районах МСП и фоновые за весь период исследований (2003 – 2006 гг.) были одинаковы (0,10 мг/л); в придонном горизонте и донных отложениях разница между средними концентрациями была незначительной: 0,10 – 0,08 мг/л и 1,10 – 0,87 мг/г с.в.

Высокие концентрации нефтепродуктов в воде и донных отложениях, отмечаемые в исследуемом районе, дают основание рассматривать добычу углеводородов как один из антропогенных факторов загрязнения среды нефтепродуктами. Но, исходя из представленных данных, нельзя утверждать об однозначном влиянии на нефтяное загрязнение исследуемой акватории шельфа лишь фактора газодобычи. Высокие концентрации нефтепродуктов, наблюдаемые также и на фоновых станциях, свидетельствуют о том, что в формировании полей загрязнений в этом районе участвуют и другие как



Р и с . 4 . Средние концентрации нефтепродуктов в воде (мг/л) и донных отложениях (мг/г с.в.) в районах размещения МСП и на фоновых станциях.

природные, так и антропогенные факторы: вынос НП течениями из открытых районов СЗЧМ, под влиянием речных, промышленных и хозяйственно-бытовых стоков, в результате интенсификации судоходства и т.д.

Биотрансформация нефтепродуктов и сорбционные особенности донных осадков, зависящие от многих физико-химических условий, безусловно влияют также на распределение и уровень загрязнения среды в зонах разработки газовых месторождений.

Исследования, проводимые в данном районе сектором нерыбных ресурсов ЮгНИРО, показали, что основным фактором, вызвавшим значительные изменения в уровне развития донного общества (снижение видового богатства, численности и биомассы организмов) и трансформации основных биоценозов, являлось изменение состава грунта вследствие переосаждения илистых фракций при осуществлении донных тралений (с 1986 по 1996 гг.). Разведочные бурения и эксплуатация месторождений посредством морских стационарных платформ не являются основной причиной выявленных изменений в донном сообществе.

Следует отметить, что интенсификация газодобычи на СЗЧМ неизбежна. В настоящее время промышленная добыча газа ведется на акватории западной части Азовского моря, на северо-западном шельфе Черного моря, в перспективе – исследование и освоение глубоководных структур на Прикерченском участке континентального шельфа Черного моря, юго-восточной части Азовского моря. Вполне возможно, что в недалеком будущем акценты окончательно сместятся в сторону освоения ресурсов шельфа. Тогда, безусловно, газодобыча выйдет на первое место по степени влияния на экосистему данной акватории. И здесь главная опасность будет заключаться в первую очередь, в отчуждении рыбопромысловых акваторий для целей охранных зон сооружаемых платформ, прокладываемых трубопроводов, других видов нефтегазодобывающей деятельности на шельфе[3].

Проведенный в данной работе анализ влияния относительно нового для экосистемы СЗЧМ антропогенного фактора добычи углеводородов позволил только очертить проблему. Решение ее мы видим в привлечении в дальнейшем: информации о характере речного стока и его вкладе в загрязнение СЗЧМ; исследование роли абиотических и биотических факторов в процессе формирования полей загрязнений; аппарата математического моделирования для оценки скорости биохимической трансформации нефтяных углеводородов и прогноза последствий морских разработок месторождений газа для экосистемы северо-западного шельфа Черного моря.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шнюков Е.Ф., Зиборов А.П.* Минеральные богатства Черного моря.– Киев: ОМГОР ННПМ НАНУ, 2004.– 297 с.
2. *Ясюк В.Н., Себах Л.К., Морозов С.В.* Экологические аспекты освоения ресурсов углеводородов на морском шельфе // 5 Междунар. Симпозиум.– Одесса: ОЦ-НТЭИ, 2003.– С.443-447.
3. *Фацук Д.Я., Авдеева Т.М., Егоров А.П., Петренко О.А.* Гидрогеохимические последствия добычи газа на северо-западном шельфе Черного моря // Изв. РАН. Серия географическая.– 2006.– № 1.– С.101-111.

4. *Патин С.А.* Нефть и экология континентального шельфа.– М.: ВНИРО, 2001.– 241 с.
5. *Петренко О.А., Троценко Б.Г., Жугайло С.С., Авдеева Т.М.* Результаты современных мониторинговых исследований загрязненности вод и донных отложений северной части Черного моря // Системы контроля окружающей среды.– Севастополь: МГИ, 2007.– С.199-206.
6. *Петренко О.А., Жугайло С.С., Авдеева Т.М.* Особенности изменений химико-токсикологического состояния экосистемы северо-западной шельфа Черного моря в условиях добычи углеводородов // II Междунар. конференция «Современные проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна».– Керчь: ЮГНИРО, 2006.– С.65-70.
7. *Жугайло С.С.* Особенности загрязнения северо-западного шельфа Черного моря нефтепродуктами в зоне добычи углеводородов // Междунар. конференция молодых ученых «Современные проблемы природопользования в прибрежных морских акваториях Украины».– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007.– С.98-99.
8. *Petrenko O., Avdeeva T., Sebah L., Zhugailo S.* Chemical-ecological state transformation of ecosystem of the north-western shelf of the Black Sea of gas deposits exploitation // Workshop «Clean Black Sea working group». 2<sup>nd</sup>-5<sup>th</sup> June, 2005.– Varna, Bulgaria, 2005.– P.139-141.
9. *Мионов 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.

Материал поступил в редакцию 02.09.2008 г.  
После доработки 10.12.2008 г.