



УДК[551.46.09:504.42.054: 665.6] 574.5

**О. Г. Миронов<sup>1</sup>**, докт. биол. наук, зав. отд.,  
**И. П. Муравьева<sup>1</sup>**, м. н. с., **Т. О. Гапонюк<sup>1</sup>**, вед. инж., **Т. Н. Замыслова<sup>2</sup>**, преподаватель

<sup>1</sup>Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,  
Севастополь, Украина

<sup>2</sup>Севастопольский Национальный институт ядерной энергии и промышленности

### НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ НАНОСОВ

Впервые в условиях черноморской бухты получены данные о количественном содержании липидно-углеводородного комплекса в прибрежных наносах. Отмечено превышение количества нефтяных углеводородов над биогенными, что свидетельствует о постоянном нефтяном загрязнении акватории.

**Ключевые слова:** нефть, липиды, самоочищение, прибрежные наносы

Загрязнение береговой зоны нефтью подробно описано по результатам изучения аварийных нефтяных разливов, а также лабораторных экспериментов, имитирующих природные процессы взаимодействия береговой зоны с нефтью [4, 9]. В то же время материалы прямых наблюдений за уровнем нефтяного загрязнения прибрежных вод и берега в повседневных ситуациях (технологические пролития, несанкционированный сброс нефтесодержащих вод и т. д.) довольно ограничены. Это связано с определенными трудностями, обусловленными, с одной стороны, высокой гидродинамической активностью в береговой зоне и связанным с ней перемещением наносов, а с другой – концентрацией большого спектра различных загрязняющих веществ, поступающих как с берега, так и со стороны моря [5].

Возникают и методические трудности, поскольку нефть извлекается из воды органическими растворителями, которыми одновременно экстрагируются и другие соединения, в основном липиды. Липиды всегда сопутствуют углеводородам и имеют сходные с ними хими-

ческие свойства. Кроме того, нефтяные углеводороды накапливаются в богатых липидами тканях живых организмов, и в этом комплексе могут выходить в морскую среду после гибели гидробионтов [4]. Кроме того, в море постоянно присутствуют углеводороды автохтонного происхождения, близкие или идентичные по составу углеводородам нефти. Этим, по видимому, объясняет то, что подавляющее большинство нефтеокисляющих микроорганизмов окисляет и липиды [2, 6]. Таким образом, при изучении процессов загрязнения и самоочищения морской среды от нефти необходимо изучение и сопутствующих ей липидов.

Целью наших исследований было изучение нефтяного загрязнения в береговых наносах как составной части липидно-углеводородного комплекса органического вещества.

**Материал и методы.** Пробы прибрежных наносов отбирались в 2002 – 2003 гг. на трех станциях на линии уреза (здесь и далее океанологическая терминология приводится по

[8]) северного побережья Севастопольской бухты (район бухты Голландия) Черного моря. В районе ст. 3 находится периодически функционирующий местный выпуск хозяйственно-бытовых стоков. В отобранных пробах определяли механический состав путем измерения линейных размеров частиц в 1 г наносов. Липидно-углеводородный комплекс экстрагировали смесью хлороформ – этанол (2 : 1) и его общее содержание определяли весовым методом. Исследование фракционного состава липидов и углеводов проводили модифицированным методом тонкослойной хроматографии на пластинах «силуфолл» с последующей денситометрией [1]. Нефтяное загрязнение оп-

ределялось методом инфракрасной спектроскопии на спекорде 75 IR.

**Результаты и обсуждение.** Как известно, содержание в грунтах органических веществ, в том числе и аллохтонного происхождения, зависит от механического состава частиц грунта и увеличивается по мере уменьшения линейного размера частиц. При этом разница в количестве органики в илистых и песчано-ракушечных грунтах может достигать нескольких десятков раз (это в полной мере относится к липидно-углеводородной фракции, составляющей подавляющую часть битумоидов) [3, 7]. Результаты механического анализа наносов приведены в табл.1.

Таблица 1. Механический состав прибрежных наносов, доля в %  
Table 1. Mechanical composition of the marine deposits of littoral line, %

№ стан-ций	Линейный размер частиц, мм							Осколки ракуши
	1	2	3	4	5	6 – 7	10	
1	92.99	2.77	0.82	0.33	0.16	0.16	-	2.77
2	81.8	12.68	0.61	1.23	0.61	0.20	0.20	2.66
3	89.26	1.98	3.97	0.32	0.16	0.16	0.16	3.97

Механический состав грунтов всех трех станции был практически одинаковым. По классификации [8], он соответствовал крупному песку (размер преобладающих час-

тиц 1.0 мм) с вкраплениями битой ракуши и гравия, а также фракций менее 1 мм.

Содержание липидов в прибрежных наносах представлено в табл. 2.

Таблица 2. Сумма липидов в прибрежных наносах, мг/100 г сухого веса  
Table 2. Lipids sum in the marine deposits of littoral line, mg/ 100 g dry weight

Стан-ции	Даты отбора проб						
	05.06.02	05.07.02	17.09.02	08.11.02	12.12.02	22.01.03	02.02. 03
1	52.2	92.5	93.3	45.2	97.4	77.9	53.0
2	16.6	82.5	96.7	45.2	118.1	43.3	92.0
3	38.2	106.0	59.6	282.0	198.7	123.3	100.2

Как видно из материалов табл. 2, наблюдается большой разброс величин, особенно на ст. 2 и 3, что можно объяснить близостью (особенно к третьей станции) канализационного стока. Функционирование коллектора не имеет четких временных рамок, и в период отбора проб было зафиксировано дважды -

08.11.02 и 12.12.02. В этот период отмечались максимальные значения количества липидов на первых двух станциях, что свидетельствует о распространении загрязнения вдоль побережья. В аналогичных по механическому составу донных отложениях Севастопольской бухты на глубинах 5 – 10 м средняя концентрация липи-

дов составляет 35 мг/100 г, а в районе открытого моря – 21.1 мг/100 г. Эти величины в 3 – 5 раз меньше тех, которые определялись в прибрежных наносах. Последнее может служить доказательством концентрации загрязнения в контактной зоне «суша – море». При этом следует отметить, что органическое вещество, в частности, липиды распределены на дне открытого моря более равномерно, чем в прибрежной зоне, подвергающейся волновому воздействию.

Помимо волнового воздействия, на содержание органических веществ в наносах

влияют гидрометеорологические факторы, в частности атмосферные осадки. Продолжительные и интенсивные ливни могут в значительной степени смывать органические вещества с берега в прибрежную зону. Это наблюдалось в июне 2002 г. (табл. 2).

В процессе самоочищения происходят структурные изменения в углеводородах и липидах. О степени преобразованности липидной фракции можно в определенной степени судить по ее фракционному составу при делении методом тонкослойной хроматографии (табл. 3, 4).

Таблица 3. Жирные кислоты и триглицериды, мг/100 г  
Table 3. Fat acids and thriglycerines, mg/100 g

№ станции	Даты отбора проб			
	08.11.02	12.12.02	22.01.03	20.02.03
Жирные кислоты				
1	6.0	45.0	19.5	13.0
2	4.0	55.0	7.7	11.0
3	3.0	81.0	2.,0	31.0
Триглицериды				
1	7.5	24.0	40.7	17.0
2	-	15.0	26.2	8.5
3	55.0	35.0	31.0	42.0

Таблица 4. Сумма полярных липидов и смол, мг/100 г (1), процент от общего содержания липидов (2)  
Table 4. Polar lipids and pitches sum, mg/100 g (1), percentage of total lipids content (2)

№ № станций	Даты отбора проб									
	05.06.02		08.11.02		12.12.03		22.01.03		20.02.03	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	38.0	73.0	29.0	64.0	25.0	95.6	15.5	19.8	13.0	24.5
2	7.2	43.0	40.0	88.5	44.0	37.2	8.2	18.9	49.0	53.2
3	26.0	68.6	200.0	70.9	61.0	30.7	43.2	35.0	35.0	34.9

Наибольший интерес, на наш взгляд, представляет фракция полярных липидов и смол (табл. 4). Смолы являются одними из токсичных соединений, входящих в состав нефти. Содержание смол (осмоление нефти) возрастает по мере ее преобразования в результате действия биотических и абиотических факторов [4]. В то же время смолы не входят в количественный показатель «нефтяного загрязнения», т. к., согласно стандартной мето-

дике, удаляются, также как и полярные липиды, из экстракта перед его измерением на инфракрасном спектрофотометре. Это еще раз свидетельствует, что измеряемые уровни нефтяного загрязнения не всегда соответствуют истинной токсичности нефти по оценке ПДК.

Фракции диглицеридов, стеринов, восков + эфиров стеринов не дали четкой картины на пластинах силуфолла, а в ряде случаев не разделялись на пластинке. Жирные спирты

удалось выделить только на станции 3 в количестве 8.7 – 12.4 мг/100 г наносов.

Сезонное распределение углеводородов и нефтепродуктов в прибрежных наносах на всех трех станциях представлено на рис.

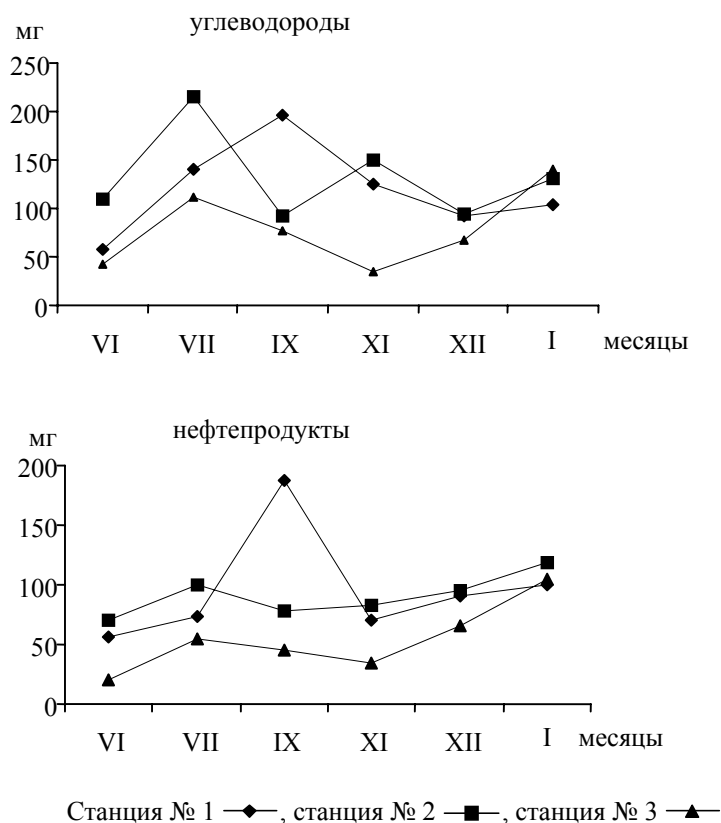


Рис. Углеводороды и нефтепродукты в прибрежных наносах, мг/100 г.

Fig. Hydrocarbons and oil products in the marine deposits of littoral line, mg/100 g

Распределение нефтепродуктов и углеводородов на ст. 3 не связано с функционированием сброса сточных вод, а, по всей видимости, зависит от общего состояния акватории в районе расположения точек отбора проб. При этом концентрация углеводородов и нефтепродуктов на ст. 3, как правило, была ниже, чем на станциях 1 и 2.

В то же время наблюдались значительные отличия в концентрации углеводородов и нефтепродуктов в одно и то же время отбора проб. Это может явиться следствием пятнистости загрязнения моря нефтепродуктами, которые составляют существенную долю в общем углеводородном содержании.

Соотношение нефтепродуктов к общему количеству углеводородов представлено в табл. 5. Как видно из приведенных в таблице данных, в общем количестве углеводородов преобладают нефтяные углеводороды. При этом на первой станции из шести определений в пяти количество нефтепродуктов превышало количество биогенных, доходя до 97 – 98 %. В одной пробе содержание нефтепродуктов и биогенных углеводородов было одинаковым.

На 2-й станции соотношение нефтепродуктов к общему содержанию углеводородов отличалось только тем, что на ней в одном случае биогенные углеводороды преобладали над нефтяными. На 3-й станции таких проб было две.

Таблица 5. Общее содержание, в мг/100 г (1), и процентное отношение (2) нефтепродуктов к углеводородам  
Table 5. Total content, mg/100 g (1), and percentage level of oil products to hydrocarbons (2)

Месяц отбора проб	Станция 1			Станция 2			Станция 3		
	1		2	1		2	1		2
	У/в*	Н/п**		У/в	Н/п		У/в	Н/п	
VII	57.0	57.0	-	110.0	70.0	63.6	43.0	20.0	46.5
VIII	140.0	74.0	52.8	215.0	100.5	46.7	11.6	55.0	47.4
IX	197.0	187.0	04.9	92.0	78.0	84.8	77.5	45.0	58.1
XI	125.0	70.6	56.5	150.0	83.3	55.5	34.0	34.0	-
XII	92.0	90.0	97.8	95.0	95.0	-	67.0	65.2	97.3
I	103.0	100.0	97.1	131.6	118.6	90.1	140.5	104.0	74.0
II	107.0	73.3	68.5	100.0	91.6	91.6	113.7	75.7	66.6

\* - У/в – сумма углеводородов; \*\* - Н/п – нефтепродукты

Определяя отдельно стандартным методом уровень нефтяного загрязнения и вычитая полученный результат из общей суммы углеводородов, можно судить о соотношении естественных и антропогенных углеводородов. Однако, учитывая их химическое родство, а также методику определения нефтяного загрязнения, такое соотношение весьма условно.

**Выводы.** Впервые получены данные о количественном содержании липидно-углеводородного комплекса в прибрежных на-

носах. Установлены значительные колебания содержания липидов, особенно в местах, подверженных периодическому загрязнению хозяйственно-бытовыми стоками. В то же время функционирование данного выпуска сточных вод не влияет на уровни нефтяного загрязнения. В условиях изучаемого района наблюдается превышение количества нефтяных углеводородов над биогенными, что свидетельствует о постоянном нефтяном загрязнении акватории.

1. Дивавин И. А., Копытов Ю. П., Цымбал И. М. Органическое вещество в морской воде Черного моря / Молисмология Черного моря. - К.: Наук. думка, 1992. – С. 165 - 204.
2. Израэль Ю. А., Цыбань А. В. Антропогенная экология океана. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 528 с.
3. Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. Черноморский макрозообентос в санитарно-биологическом аспекте. – К.: Наук. думка, 1985. – 102 С.
4. Миронов О. Г. Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 128 с.
5. Миронов О. Г. Санитарно-биологические направления исследований акватории контактной зоны «суша – море» // Экология моря. - 2001. - Вып. 57. – С. 89 - 90.
6. Миронов О. Г. Бактериальная трансформация нефтяных углеводородов в прибрежной зоне моря // Морской экологический журнал. – 2002. – 1, вып. 1. - С. 56 – 66.
7. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Кучеренко М. И., Тархова Э. П. Самоочищение в прибрежной акватории Черного моря. – К.: Наук. думка, 1975. – 142 с.
8. Смирнов Г. Н. Океанология. – М.: Высшая школа, 1974. – 342 с.
9. The Amoco Cadiz oil spill / Edit. by Wilmot N. Hess. - US Government Print. Office, Washington, D. C., 1978. - 281 p.

Поступила 28 июня 2003 г.

**Marine deposits of littoral line oil pollution. O. G. Mironov, I. P. Muraviova, T. O. Gaponyuk, T. N. Zamyslova** The data about quantity content of lipids – hydrocarbon complex in marine deposits of littoral line were received for the first time. The exceeding of quantity of oil hydrocarbons under ones of biogenic origin is observed. It is testify the constant oil pollution of the aquatorium.

**Key words:** oil, lipids, selfpurification, marine deposits of littoral line

**Нафтове забруднення морських прибережних наносів. О. Г. Міронов, І. П. Муравйова, Т. О. Гапонюк, Т. М. Замислова.** Вперше в умовах чорноморської бухти отримані дані про кількісний вміст комплексу ліпідів і вуглеводнів у прибережних наносах. Відзначено перевищення кількості нафтових вуглеводнів над біогенними, що свідчить про постійне нафтове забруднення акваторії.

**Ключові слова:** нафта , ліпіди, самоочищення, прибережні наноси

#### ЗАМЕТКА

---

**Новые данные о структуре паразитарной системы трематоды *Proctoeces maculatus* (Looss, 1901) Odhner, 1911 в Черном море [New data on the structure of parasite system of the trematode *Proctoeces maculatus* (Looss, 1901) Odhner, 1911 for the Black Sea; Нові дані про структуру паразитарної системи *Proctoeces maculatus* (Looss, 1901) Odhner, 1911 у Чорному морі].** – Трематода *Proctoeces maculatus* – характерный паразит черноморских зеленушек, зарегистрированный у этих рыб вдоль берегов Кавказа (Новороссийск), а также у крымского побережья от Карадага до Ягорлыцкого залива (Определитель..., 1975). Кроме того, известны однократные находки этой трематоды от черного бычка и бычка-змеи (Найденова, 1974). Таким образом, несмотря на имеющиеся данные о широкой специфичности *P. maculatus* к окончательным хозяевам (Bray, 1983), в Черном море эта трематода ранее была найдена только у рыб из семейств Labridae и Gobiidae. В ходе осуществляемого нами с 1994 г. мониторинга трематодофауны черноморских рыб зрелые мариты *P. maculatus* были отмечены в ректуме *Solea nasuta* (Soleidae) (экстенсивность инвазии 7.6 %; средняя интенсивность 1.25 экз./особь; индекс обилия = 0.09 экз./особь), *Platichthys flesus luscus* (Pleuronectidae) (соответственно 5 %; 1.00; 0.05) *Diplodus annularis* (Sparidae) (6.3 %; 1.50; 0.09) и *Lipophrys ravo* (Blenniidae) (3.5 %; 1.00; 0.04), отловленных у берегов Севастополя. Все хозяева являются новыми для *P. maculatus*, но в других районах Мирового океана у иных представителей перечисленных семейств рыб находки этой трематоды известны (Bray, 1983). Роль популяций обследованных нами рыб в поддержании численности гемипопуляции марит *P. maculatus* сравнительно невелика, на что указывают результаты сравнения количественных показателей зараженности данных хозяев и губановых рыб (Корнийчук, 2001). Тем не менее, расширение круга известных окончательных хозяев этой трематоды свидетельствует о значительной сложности структуры паразитарной системы данного вида трематод в прибрежной зоне Черного моря. – **Ю. М. Корнийчук** (Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь).