



УДК 628.193:665.61(262.5)

О. Г. Миронов, докт. биол. наук, зав. отд., **И. П. Муравьёва**, м.н.с., **Т. О. Миронова**, м.н.с.

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,
Севастополь, Украина

САНИТАРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОРСКОЙ ВОДЫ БУХТЫ АРТИЛЛЕРИЙСКОЙ ЧЁРНОГО МОРЯ

Выполнен комплексный санитарно-биологический анализ морской воды (липидно-углеводородный комплекс, численность гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий, диатомовых и пирофитовых водорослей) в одной из бухт (Артиллерийская) в районе Севастополя (Чёрное море). Количество нефтяных углеводородов в воде на протяжении исследованного периода в 79 % случаев превышало ПДК в среднем в 1.5 – 2 раза; средняя концентрация липидов и углеводородов составляла соответственно 0.14 и 0.11 мг/л. Наблюдается высокая степень корреляционной связи между содержанием липидов и углеводородов ($R=0.86$). Отмечена тенденция повышения концентрации липидов в морской воде с увеличением численности диатомовых водорослей. Коэффициент корреляции между этими величинами составил $R=0.62$.

Ключевые слова: липидно-углеводородный комплекс, нефтяные углеводороды, бактерии, микроводоросли, Севастополь, Чёрное море

Артиллерийская бухта входит в систему севастопольских бухт и имеет относительно малые размеры, однако испытывает интенсивную антропогенную нагрузку (причалы для внутригородского водного транспорта и круизных судов, выходы двух ливневых стоков, многочисленные учреждения общепита, дельфинарий) (рис. 1). Помимо непосредственного антропогенного фактора на качество воды влияет вторичное загрязнение [6].

Экологическое состояние бухты исследуется уже более тридцати лет в рамках мониторинга акватории, прилегающей к Севастополю [5]. При этом проводятся наблюдения за физико-химическими и биологическими параметрами донных осадков – долгосрочного показателя экологического благополучия любой акватории. В дополнении к ним, с 1999 г. в стационарной точке у восточного берега бухты (рис. 1) отбираются пробы морской воды [4, 7].

Цель настоящей работы состояла в изучении динамики липидно-углеводородного комплекса (липиды, углеводороды), нефтяных углеводородов, общего количества гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий,



Рис. 1 Схема Артиллерийской бухты: 1 – пляж Хрустальный; 2 – место стоянки круизных судов; 3 – выходы ливневой канализации; 4 – причал парома; 5 – причал катеров; 6 – дельфинарий; 7 – точка отбора проб морской воды

Fig. 1 Artilleryskaya Bay: 1 – Hrustalni beach; 2 – the location of cruise vessels; 3 – rain canalization discharge; 4 – ferry moorage; 5 – cutters moorage; 6 – dolphinarium; 7 – sea water sampling station

а также массовых видов диатомовых и пиропитовых микроводорослей в морской воде одной из бухт Севастополя (Артиллерийской). Таким образом, охватывались основные компоненты органического вещества автохтонного и аллохтонного происхождения, характеризующие санитарно-биологическое состояние бухты.

Настоящая статья завершает упомянутый выше цикл работ, проведённых нами до реконструкции набережной восточного берега Артиллерийской бухты.

Материал и методы. Пробы морской воды отбирали эмалированным ведром, обработанным спиртом, в стационарной точке Артиллерийской бухты Севастополя (Чёрное море) [4] с апреля 2006 по февраль 2008 г. ежемесячно. Всего отобрано 22 пробы. Липидно-углеводородный комплекс экстрагировали хлороформом с последующим определением липидов по реакции с фосфованилиновым реактивом и углеводородов методом тонкослойной хроматографии. Нефтяные углеводо-

роды экстрагировали четырёххлористым углеродом, а их содержание определяли методом инфракрасной спектрофотометрии. Для определения планктонных водорослей через мембранный фильтр «Sartorius» диаметром 0.2 мкм фильтровали 1 л морской воды при давлении 0.2 атм. С фильтра делали соскоб и под микроскопом «Биолам» ЛОМО (x 144) проводили подсчёт клеток диатомовых и пиропитовых водорослей [3, 7]. Общее количество гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий определяли методом предельных разведений соответственно на пептонной воде и среде Диановой-Ворошиловой. Полученные материалы обрабатывались статистически [8, 10].

Результаты и обсуждение. Содержание липидов в среднем за весь период наблюдений составило 0.14 мг/л при колебании показателя от 0.04 мг/л до 0.46 мг/л (рис. 2).

Из фракции хлороформэкстрагируемых веществ были выделены углеводороды, средняя концентрация которых составила 0.11 мг/л при максимальной величине 0.21 мг/л и

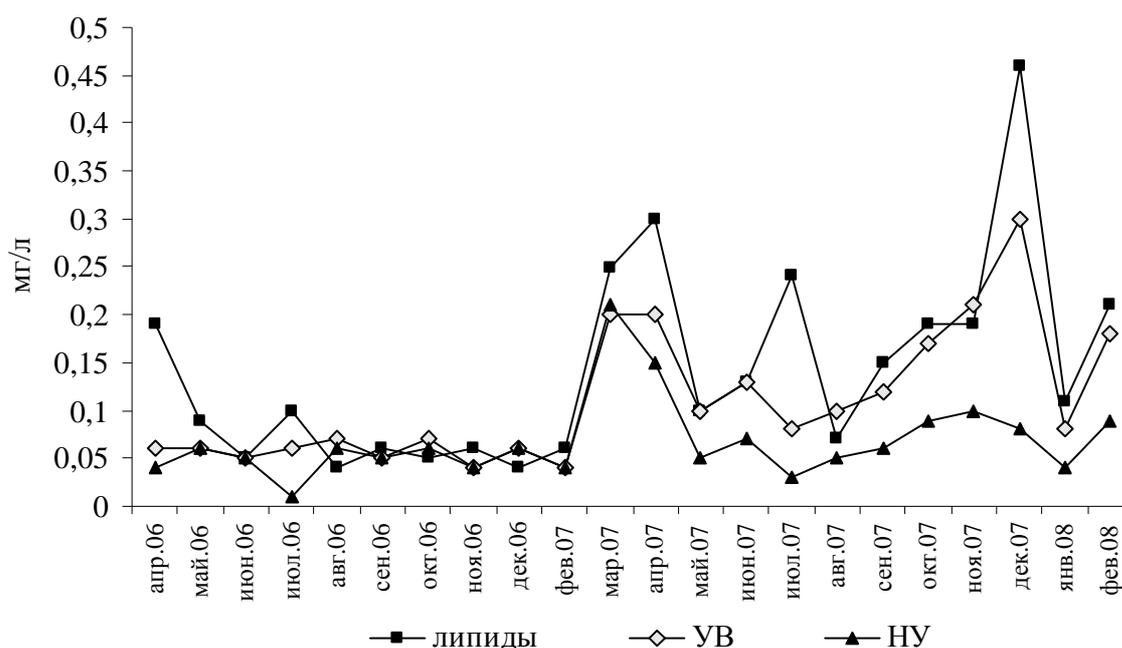


Рис. 2 Содержание липидов, углеводородов (УВ) и нефтяных углеводородов (НУ) в воде Артиллерийской бухты

Fig. 2 The concentration of lipids, hydrocarbons and oil hydrocarbons in the water of Artillery Bay

минимальной 0.04 мг/л. Количество нефтяных углеводородов колебалась от 0.01 до 0.21 мг/л, составив в среднем 0.07 мг/л. В марте – апреле 2007 г. наблюдалось повышение их концентрации в несколько раз – до 0.21 – 0.15 мг/л, что

не связано с сезоном года, а отражало общий характер нефтяного загрязнения поверхности моря Севастопольской бухты. В целом в 79 % случаев наблюдалось превышение

предельно допустимой концентрации нефтепродуктов, которая составляет 0.05 мг/л [5].

Между перечисленными выше параметрами установлена корреляционная связь, наиболее высокая между липидами – углеводородами ($R = 0.86$), что объясняется структурой липидно-углеводородного комплекса. Его углеводородная компонента состоит из углеводородов автохтонного и аллохтонного происхождения, в частности, нефтяного загрязнения. Соотношение между ними может быть весьма значительным и зависит, в основном, от уровня загрязнения моря и синтеза углеводородов морскими организмами. В нашем случае меж-

ду углеводородами и нефтяными углеводородами корреляция составляла $R = 0.67$. Следует отметить, что нефтяные углеводороды близки или идентичны углеводородам автохтонного происхождения. Одним из источников липидов в морской воде могут быть диатомовые водоросли, имеющие в составе клеток значительное (по сравнению с другими микроводорослями) содержание жира. Именно диатомовые водоросли составляют основу фитопланктона Севастопольской бухты [2]. На рис. 3 представлена численность микроводорослей, что соответствует данным, приведенным в выше упомянутой работе.

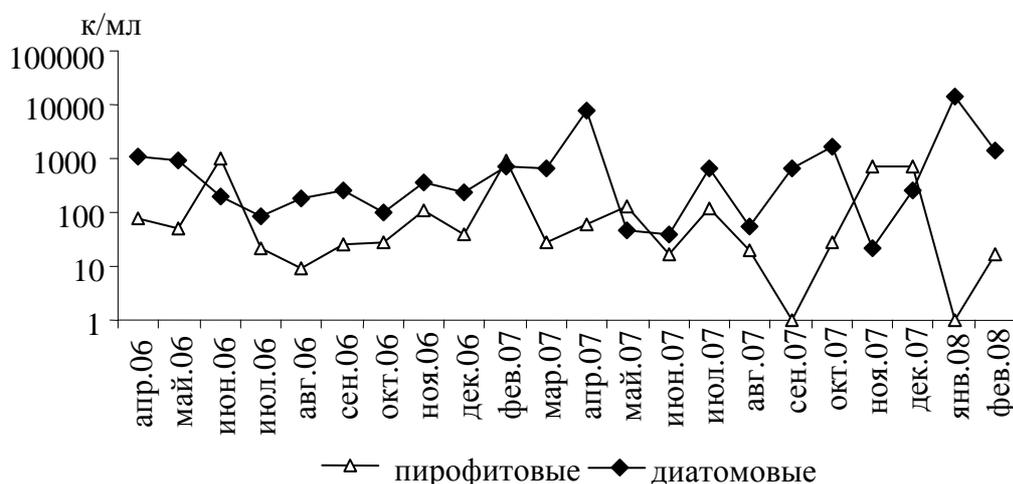


Рис. 3 Численность диатомовых и пирофитовых микроводорослей в воде Артиллерийской бухты
Fig. 3 The quantity of diatomic and pyrophytic microalga in the water of Artilleriyskaya Bay

В основном ход кривой численности диатомовых водорослей соответствует нашим наблюдениям в этой точке за 2003 – 2004 гг. [7].

В Артиллерийской бухте в период наших исследований отмечена тенденция повышения концентрации липидов в морской воде при увеличении численности диатомовых водорослей (рис. 4). Коэффициент корреляции между этими величинами составлял $R = 0.62$, тогда как между численностью пирофитовых и содержанием липидов корреляция была отрицательной ($R = -0.19$).

Определённый интерес из диатомовых представляет *Melosira moniliformis* (O. Müll.) Ag., встречающаяся в загрязнённых морских водах [3, 9]. В изучаемой точке доля этого вида

в диатомовом планктоне не превышала 9 %, а в большинстве проб он отсутствовал. Встречаемость же *M. moniliformis* в акватории Феодосии в 1959 г. достигала 50 % [3]. Это свидетельствует о том, что уровни загрязнения морской воды в Артиллерийской бухте в период наших наблюдений были ниже, чем в акваториях, которые приводятся в [3, 9]. На это указывает и низкая численность пирофитовых водорослей (средняя численность составляла 184 кл./л), которая, по данным [1], зависит от содержания в воде растворённой органики и детрита.

Одним из показателей загрязнения воды органическими веществами и нефтепродуктами является общая численность гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий (табл. 1).

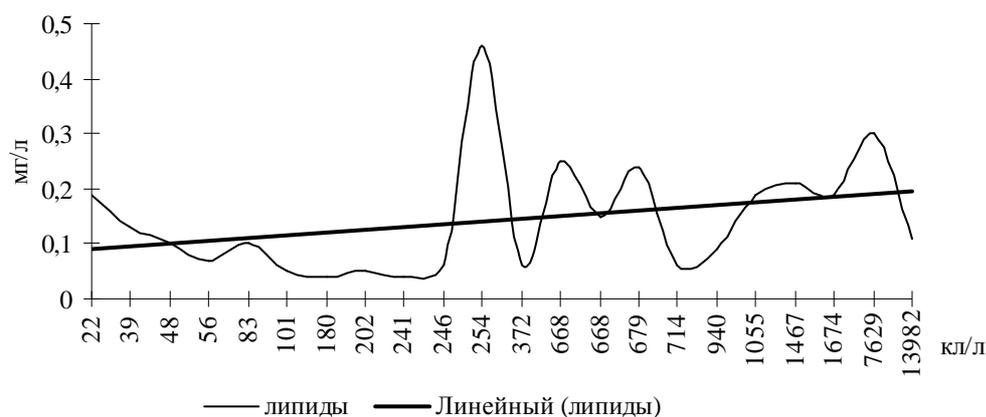


Рис. 4 Корреляция между концентрацией липидов в воде Артиллерийской бухты и численностью диатомовых водорослей
Fig. 4 The dependence of lipid concentration in the water of Artilleryskaya Bay from the quantity of diatomic microalga

Табл. 1 Численность (метод предельных разведений) бактерий (I - гетеротрофы, II – нефтеокисляющие) в воде Артиллерийской бухты

Tabl. 1 The quantity of bacteria (I – geterotrophic, II – oil-oxidizing) in the water of Artilleriyskaya Bay

Бактерии	Время отбора проб											
	2006 г.											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	-	-	-	2500	750	950	7500	2500	950	250	95	250
II	-	-	-	8	4.5	25	25	250	45	25	4.5	45
	2007 г.											
I	-	95	450	1500	250	1500	2500	450	950	1500	25000	4500
II	-	15	15	9.5	4.5	45	25	0.9	45	4.5	150	4.5
	2008 г.											
I	950	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	2.5	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Динамика численности этих групп бактерий соответствует таковой в других акваториях региона Севастополя и, по-видимому, зависит от уровней органического вещества автохтонного и аллохтонного происхождения [5].

Выводы. Комплексный санитарно-биологический анализ воды Артиллерийской бухты Севастополя, выполненный в 2006 – 2008 гг. показал, что в среднем полученные результаты близки к аналогичным показателям морской воды собственно Севастопольской бухты. Это можно объяснить небольшой протяженностью Артиллерийской бухты и широким входом, обеспечивающим в ней свободный водообмен. Количество нефтяных углеводов в морской воде на протяжении исследу-

дованного периода (2006 – 2008 гг.) в 79 % случаев превышало ПДК в среднем в 1.5 – 2 раза. Средняя концентрация липидов и углеводов составляла соответственно 0.14 мг/л и 0.11 мг/л. Между содержанием липидов и углеводов ($R = 0.86$) наблюдается высокая степень корреляционной связи. Отмечена тенденция повышения концентрации липидов в морской воде с увеличением численности диатомовых водорослей. Коэффициент корреляции между этими величинами составил $R = 0.62$.

1. Георгиева Л. В., Сеничкина Л. Г. Фитопланктон Чёрного моря: современное состояние и перспективы исследований // Экология моря. – 1996. – Вып. 45. – С. 6 – 11.
2. Лопухина О. А., Брянцева Ю. В., Кемп Р. Б. Сезонная динамика фитопланктона Севастопольской бухты в 1998 г. /Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. – Севастополь: Аквавита, 1999. – С. 131 – 142.
3. Миронов О. Г. Диатомовые водоросли у берегов Феодосии // Бот. журн. – 1961. – 46. – С. 892 – 896.
4. Миронов О. Г. Бактериальная трансформация нефтяных углеводородов в прибрежной зоне моря // Мор. экол. журн. – 2002. – 1, вып. 1. – С. 56 – 66.
5. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алёмов С. В. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке. – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – 185 с.
6. Миронов О. А. Нефтяные углеводороды на поверхности водорослей - макрофитов гидротехнических сооружений // Экология моря. – 2007. – Вып. 77. – С. 56 – 58.
7. Муравьёва И. П., Гапонюк Т. О. Некоторые факторы, влияющие на самоочищение морской воды // Экология моря. – 2004. – Вып. 66. – С. 79 – 81.
8. Практикум по микробиологии / под ред. Нетрусова А. И. – М.: Издат. центр «Академия», 2005. – 608 с.
9. Прошкина-Лавренко А. И., Алфимов Н. Н. Об использовании диатомовых водорослей при оценке санитарного состояния морских вод // Бот. журн. – 1954. – 39, № 1. – С. 108 – 111.
10. Рокицкий П. Ф. Основы вариационной статистики для биологов. – Минск: Изд-во Белгосуниверситети им. В.И.Ленина, 1961. – 221 с.

Поступила 27 марта 2008 г.

Санітарно-біологічні показники морської води бухти Артилерійської Чорного моря. О. Г. Миронов, І. П. Муравйова, Т. О. Миронова. Проведений комплексний санітарно-біологічний аналіз морської води (ліпідно-вуглеводневий комплекс, чисельність гетеротрофних і нафтоокислюючих бактерій, діатомових і пірофітових водоростей). Кількість нафтових вуглеводнів в морській воді впродовж дослідного періоду в 79 % випадків перевищувала ГДК в середньому в 1.5 – 2 рази. Середня концентрація ліпідів і вуглеводнів була відповідно 0.14 мг/л і 0.11 мг/л. Спостерігається високий ступінь кореляційного зв'язку між вмістом ліпідів і вуглеводнів ($R=0.86$). Відмічена тенденція підвищення концентрації ліпідів в морській воді із збільшенням чисельності діатомових водоростей. Коефіцієнт кореляції між цими величинами склав $R = 0.62$.

Ключові слова: ліпідно-вуглеводневий комплекс, нафтові вуглеводні, бактерії, мікроводорості, Севастополь, Чорне море

Sanitary-biological indexes of the sea water of Artilleriyskaya Bay (the Black Sea). O. G. Mironov, I. P. Muraviova, T. O. Mironova. Complex sanitary-biological analysis of the sea water is carried out (lipid-hydrocarbon complex, the quantity of heterotrophic and oil-oxidizing bacteria, diatomic and pyrophytic microalga). The amount of oil hydrocarbons in the sea water during the researched period exceeded the maximal allowed concentration 1.5 – 2 times. The average concentration of lipids and hydrocarbons was 0.14 mg/l and 0.11 mg/l accordingly. The high correlation dependence between the correlation of lipids and hydrocarbons is observed ($R=0.86$). The tendency of increasing concentration of lipids in the sea water with the increasing number of diatomic microalga. The coefficient of correlation between these factors was 0.62.

Key words: lipid-hydrocarbon complex, oil-hydrocarbon, bacteria, microalga, Sevastopol, Black Sea