

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ЗАГРЯЗНЕННОГО НЕФТЕПРОДУКТАМИ ДОННОГО ОСАДКА (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)

Экспериментально найдено, что в окисленном поверхностном слое загрязненного нефтепродуктами донного осадка при участии бактерий и мейобентосных организмов количество битумоидов и нефтяных углеводов уменьшается на 43-47%, белковоподобных соединений и липидов - на 23-28% а величина углеводоподобных соединений возрастает на 30%.

Поверхностный слой морских донных осадков, как пограничная с водой зона, отличается повышенной биологической активностью. Здесь при участии биоты протекает трансформация загрязняющих химических веществ [2]. В частности, выявлено изменение группового состава органического вещества загрязненного нефтью грунта при скоплении аэробных микроорганизмов и инфузорий [5]. Наиболее активным считается 1 - 2 мм подслон, в котором фиксировали до 90% концентрационных изменений различных форм элементов [1].

С целью детального изучения преобразования органического вещества загрязненного нефтепродуктами донного осадка был проведен лабораторный эксперимент, в котором основным преобразующим началом являлся бактерио- и мейобентос нативного донного осадка, взятого в эксперимент, в отличие от [5], когда эксперимент проводился в условиях протока морской воды.

Материал и методы. Исходный донный осадок, отобранный дночерпателем из центральной части акватории б. Севастопольская, представлял собой черный с запахом мазута и сероводорода ил. Его поместили под слоем воды в четыре емкости с такой площадью поверхности, которая позволила обеспечить при снятии тонкого поверхностного слоя все проводимые анализы. Отбор проб сначала был ежесменным, затем ежеквартальным, и производился при возобновлении окисленного слоя. Эксперимент проводили в лабораторных условиях в течение 1994 г. (5 проб, включая исходную), 1996 г. (4 пробы) и 1998 г. (2 пробы). После декантации воды стерильными шпателями отбирали пробы из 1 мм слоя и из нижнего 10 см слоя для бактериальных посевов. Затем снимали поверхностный слой шпателем и отбирали пробы из нижнего слоя для биологического и химического анализов

Геохимический анализ проводили по методикам [3, 4]. Численность бактерий определяли методом предельных разведений, мейобентоса - прямым подсчетом [5]. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программного пакета Statgraphics.

Результаты и обсуждение. Уже через месяц выделенные слои - поверхностный и нижний - различались. Поверхностный окисленный слой был желтовато-бурым с единичными темными точками - выбросами роющих животных. Нижний восстановленный слой оставался черным, с запахом мазута и сероводорода в продолжение всей экспозиции.

Полученные данные показали сокращение в поверхностном слое количества хлороформного битумоида (Ахл) - с $0,45 \text{ г} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$ исходного грунта до $0,27 \pm 0,01 \text{ г} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$, а нефтяных углеводов (НУ) - с $183 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$ до $76,1 \pm 10,9 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$, за счет уменьшения количества углеводов: ароматических (с 139 до $84 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$), н-алканов (с 46 до $32 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$), нафтенных (с 137 до $110 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$). В нижнем слое произошло некоторое накопление этих составляющих: ароматических углеводов с 139 до $223 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$, н-алканов с 46 до $56 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$ и нафтенных с 137 до $200 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$. Подобное явление наблюдали ранее [5]. Процесс преобразования, очевидно, включал как разрушение, характерное для окисленного слоя, так и накопление, типичное для восстановленного слоя.

Разная направленность преобразовательных процессов подтверждается изменениями в количестве лабильных органических соединений. Белковоподобные (БПС) и липидные (Л) соединения в поверхностном слое, по сравнению с исходным грунтом, частично разрушились (с 205 до $170,1 \pm 22,8 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$ и с 169 до $147,4 \pm 12,7 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$, соответственно), а углеводоподобные (УПС) – накапливались (с 458 до $616,6 \pm 25,8 \text{ мг} \cdot 100 \text{ г}^{-1}$).

Отмечена обратная связь ($r = -0,89$, при $n=11$, $p<0,1$) между количеством УПС и НУ, которая в нижнем слое отсутствовала ($r = -0,17$, $n=11$, $p<0,1$). Очевидно, окисление нефтяных углеводородов ведет к концентрации углеводоподобных соединений.

Преобразовательные процессы протекают довольно экстенсивно, что связано, по-видимому, со сложным составом органического вещества донного осадка – с одной стороны, а с другой – вследствие той трансформации нефтепродуктов, которой они были подвержены, находясь в восстановленном донном осадке загрязненного дна акватории [6]. Иначе преобразование происходит при участии бактерий в аэробных условиях. Нефть и нефтепродукты [7] и органическое вещество донных осадков [8] в таких случаях преобразуются интенсивно.

В поверхностном слое мейобентосное население представлено, в основном, гарпактикоидами, численность которых в течение эксперимента возросла в сотни раз (см. табл.). Остальные группы – нематоды, олигохеты, полихеты, немертины, обнаруженные в исходном грунте в более значительных количествах – до нескольких десятков экземпляров, – в конце эксперимента либо не обнаруживались вовсе, либо (нематоды) представлены единичными экземплярами.

Таблица Биологические характеристики проб донных осадков
Table Biological characteristics of bottom sediment samples

Показатели	Исходный грунт	Слой	
		поверхностный	нижний
Мейобентос, экз*100 г ⁻¹ сырого грунта	69	113-3830	15-58
Нематоды, %	42	0,3	100
Гарпактикоиды, %	4,3	99,5	0
Бактерии, кл*г ⁻¹ сырого грунта:			
Гетеротрофные	10 ⁴	10 ³ -10 ⁶	10 ² -10 ⁴
Нефтеокисляющие	10 ²	10-10 ⁴	0-10 ²
Сульфатредуцирующие	-	0-10 ²	0-10 ⁴
Денитрифицирующие	-	0-10 ⁴	0-10 ⁵
Тионовые	-	0-10 ⁴	0-10 ²

Аэробный бактериобентос и микроаэрофилы (тионовые бактерии) поверхностного слоя были обильнее, чем таковые нижнего слоя (см. табл.). Анаэробные бактерии были многочисленнее в восстановительных условиях среды.

Анализ корреляционных связей между численностью различных групп бактерий, мейобентосом и количеством органических соединений показал противofазные соотношения, что подтверждает участие биоты в преобразовании этих веществ. Коэффициенты корреляции были не всегда значимыми ($r = -0,49 \dots -0,09$). Это не противоречит изложенному выше, т.к. процесс трансформации имеет разную направленность (от деструкции до аккумуляции) и степень выраженности (с преобладанием экстенсивности).

Между числом мейобентосных организмов и численностью бактерий в поверхностном слое прослежена обратная корреляционная связь ($r = -0,67 \dots -0,02$), в нижнем слое связь становилась прямой ($r = 0,79 \dots 0,11$).

Ход преобразования органического вещества обоих слоев различен (рис.1, 2). В поверхностном слое с обильным бактерио- и мейобентосом величина хлороформного битумоида, нефтяных углеводородов, липидно-углеводородного комплекса уменьшилась на 43 - 47%, белковоподобных и липидных соединений – на 23 - 28%, количество углеводоподобных соединений возросло на 30%.

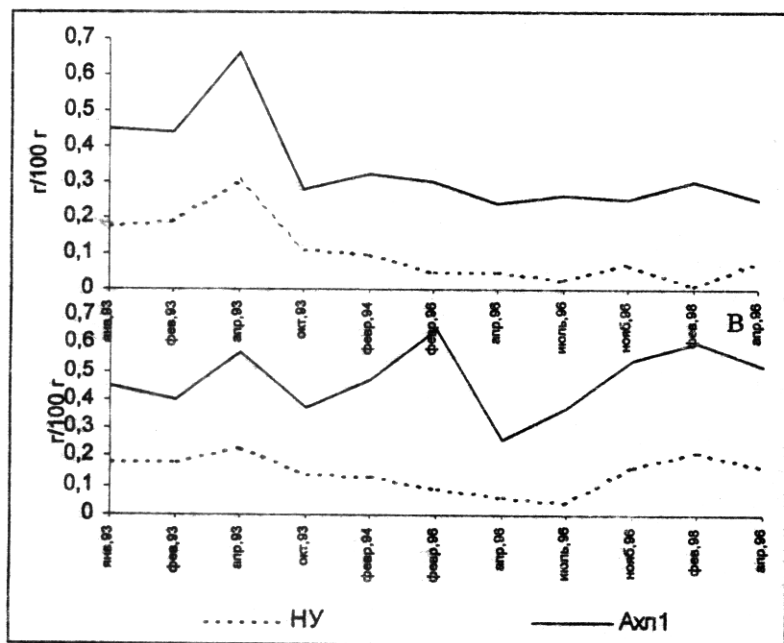
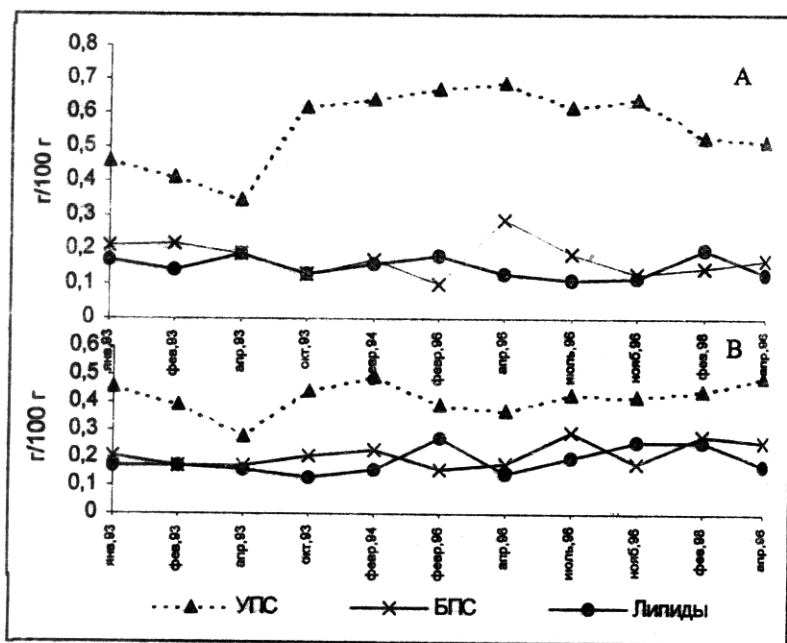


Рисунок 1 Изменение концентраций хлороформенных битумоидов (Ахл) и нефтяных А - поверхностный слой, В - нижний слой

Figure 1 Changes of bitumoid and oil hydrocarbons contents in experiment A - surface layer, B - low layer

Рисунок 2. Изменение концентраций углеводоподобных (УПС), белковоподобных (БПС) А - поверхностный слой, В - нижний слой

Figure 2 Changes of carbohydrates, protein & lipids contents in the experiment A - surface layer, B - low layer



Таким образом, основная биотрансформация органического вещества происходит в тонком поверхностном слое, где оно приобретает углеводный характер и этим отличается от органического вещества нижнего слоя, сохраняющего черты углеводородного загрязнения. Биотрансформаторами являются аэробные бактерии, участвуют мейобентос и анаэробные бактерии.

В получении и обработке материалов, положенных в основу статьи, принимали участие инженеры Шадрина Т.В., Енина Л.В. и Сосновская Р.В.

1. Вершинин А.В., Богдановская В.В. О сравнительной количественной оценке химического обмена на границе осадок-вода (юго-восточная часть Атлантического океана) // Океанология, 1994. - 34, №3. - С. 391 - 397.
2. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. - Л., 1989. - 527 с.

3. Кирюхина Л.Н. Физико-химическая характеристика донных осадков // Молисмология Черно-го моря. - Киев: Наук. думка, 1992. - С. 214 - 249.
4. Кирюхина Л.Н. Нафты донных осадков Севастопольских бухт // Морская санитарная гидробиология. - Севастополь: ЭКОСИ - Гидрофизика, 1995. - С. 30 - 39.
5. Миронов О.Г. Преобразование органических веществ в донных осадках // Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды - Киев: Наукова думка, 1988. - С. 104 - 123.
6. Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Губасарян Л.А. Временной аспект взаимодействия микроорганизмов и среды в донных осадках // Экология моря - 2000. - Вып.51. - С. 96 - 99.
7. Connan J. Biodegradation of crude oils in reservoirs. // Adv. Petrol. Geochem. - 1984. - I. - P. 299-335.
8. Gamada Hisashi, Murakami Akio, Kayama Mitsuo. On the mineralization of organic materials in the coastal marine sediments. // Bull. Jap. Soc. Sci. Tich. - 1981. - 47, N2. - P. 171 - 177.

Институт биологии южных морей НАНУ,
Севастополь

Получено 12.02.2001

L. N. KIRYUKHINA, L. A. GUBASARIAN, E. V. GUSEVA

THE TRANSFORMATION OF ORGANIC MATTER FROM A SURFACE LAYER OF OIL POLLUTED BOTTOM SEDIMENT (EXPERIMENTAL DATA)

Summary

It is revealed experimentally that the quantity of bitumoids and petroleum hydrocarbons in the oxidated surface layer of marine bottom sediments, which are polluted by the oil products, under the participant of bacterio- and meiobenthos is decreased on 43 - 47 %, that of protein and lipids is decreased on 23 - 28 %, and the quantity of carbohydrates is increased on 30 %.

УДК 551.46.09: 546.49 (262.5)

С. К. КОСТОВА, В. Н. ЕГОРОВ, В. Н. ПОПОВИЧЕВ

МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РТУТЬЮ СЕВАСТОПОЛЬСКИХ БУХТ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Представлены данные по загрязнению ртутью севавтопольских бухт за 1982 - 2000 гг. Наиболее высокое содержание ртути в воде, мидиях и донных отложениях наблюдалось в 1988 - 1990 гг. Сделана оценка седиментационного потока ртути в донные отложения и периода её круговорота в водной среде. Выявлен предел сорбционного насыщения ртутью донных отложений. Определены параметры уравнения Ленгмюра, описывающего зависимость между концентрацией ртути в воде и донных осадках. Отмечена тенденция к снижению концентрации ртути в севавтопольских бухтах за последнее десятилетие.

Сведения о распределении ртути в акватории севавтопольских бухт немногочисленны [7, 8]. С 1982 г. нами проводится региональный мониторинг загрязнения ртутью воды, гидробионтов и донных отложений севавтопольских бухт. С 1996 г. исследования осуществлялись при поддержке Регионального технического проекта Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) RER/2/003 "Marine Environmental Assesment in the Black Sea Region".

Настоящая работа посвящена обобщению результатов этих наблюдений.

Материал и методы. Наблюдения проводились в прибрежных районах Севастопольской бухты: в устьевой зоне реки Чёрной (44°36.45' с.ш.; 33°36.08' в.д.), у коррозийной станции (44°37.63' с.ш.; 33°31.90' в.д.), Павловского мыса (44°37.06' с.ш.;

© С.К. Костова, В.Н. Егоров, В.Н. Поповичев, 2001