



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

### ПЕРЕХОД ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПРИБРЕЖНЫХ НАНОСОВ В МОРСКУЮ ВОДУ

Впервые приведены данные о количестве органических веществ, переходящих с минеральных частиц наносов в морскую воду в результате гидродинамического воздействия, для прибрежных наносов (Севастопольская бухта, Черное море). Отмечено, что количество органических веществ во взвеси в десятки и сотни раз выше, чем определяемое стандартным методом органическое вещество на поверхности минеральных частиц грунта.

**Ключевые слова:** прибрежные наносы, органическое вещество, белки, липиды, углеводы

Наличие и преобразование органических веществ в прибрежной зоне моря представляет большой интерес для оценки экологического состояния акватории [2, 5, 6]. Органика в морских прибрежных наносах формируется за счет сорбции на частицах наносов автохтонного и аллохтонного органического вещества из морской воды, а также в результате обрастания. Активные гидродинамические процессы приводят к постоянному перемещению частиц грунта, смыву с них органических веществ, в том числе первичной слизистой пленки и обрастания, несмотря на прочность прикрепления ее к субстрату [1]. Первые данные о составе органического вещества в прибрежных наносах приведены в [3, 4]. Однако о переходе органики с наносов в морскую воду, а также количестве этой органики, оставшейся на частицах после интенсивного гидродинамического перемешивания, практически ничего не известно.

В этой связи целью исследований было изучение перехода различных классов органических веществ из прибрежных морских наносов в морскую воду в результате гидродинамического воздействия во время прилива.

**Материал и методы.** Пробы наносов отбирали на линии уреза (здесь и далее элементы побережья даются по [8]) северного берега Севастопольской бухты (район бухты Голландия) Черного моря на трех станциях в зимний и летний период – 20.02.03 и 08.09.03. Район расположения станций, механический состав наносов, методы отбора проб и их химический анализ описаны ранее [3]. Сначала анализировали сами наносы. Далее для получения взвеси определенную навеску грунта стеклянной палочкой в течение 5 мин интенсивно перемешивали с морской водой, находящейся в пробе (поскольку материал отбирался на линии уреза, то вместе с грунтом в пробу попадало небольшое ко-

личество (50 – 60 мл) морской воды). Затем взвесь, образовавшуюся после перемешивания, отфильтровывали на мембранном фильтре «Сынпор» с диаметром пор 0.3 мкм. Осевшую взвесь соскабливали с фильтра, высушивали и анализировали аналогично наносам. В оставшейся пробе наносов после удаления взвеси определяли те же элементы органического вещества. Таким образом получали данные по органическому веществу в наносах (исходный грунт), взвеси, наносах после механической обработки (конечный грунт). Изучалось органическое вещество и в естественной взвеси, образовавшейся во время прилива. В период взаимо-

действия волн с берегом в морской воде, по классификации [3], находится смесь взвешенных и полувзвешенных наносов. В последних могут встречаться образования с линейными размерами более 1 мм, т.е. выходящие за пределы структуры крупнозернистых песков, из которых в основном сформированы наносы в районе отбора проб. Подобные крупные образования удалялись из пробы. Полученные результаты обрабатывали методом вариационной статистики.

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследования наносов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Количество органического вещества основных классов в прибрежных наносах (исходный грунт), мг.100 г<sup>-1</sup>

Table 1. Main classes of organic matter quantity in marine deposits of littoral line (initial sediments), mg.100 g<sup>-1</sup>

Классы органического вещества	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 3	
	20.02.03	8.09.03	20.02.03	8.09.03	20.02.03	8.09.03
Белки	85.5±3.8	81.1±2.3	101.4±2.6	97.0±24.5	342.5±18.8	206.9±5.4
Углеводы	8.6±0.6	21.7±3.6	12.1±1.9	28.7±3.6	33.1±0.8	29.1±2.0
Липиды	53.0±2.8	69.0±3.1	92.0±14.6	48.0±7.1	135.2±21.1	100.2±7.2

Как видно из табл. 1, количество белков, углеводов и липидов находится в тех же пределах, что было отмечено ранее при анализе береговых наносов в этом же районе [3, 4].

Данные после механической обработки наносов (имитация процессов, происходящих в естественных условиях на линии уреза) представлены в табл. 2.

Таблица 2. Количество органического вещества основных классов в прибрежных наносах (конечный грунт), мг.100 г<sup>-1</sup>

Table 2. Main classes of organic matter quantity in marine deposits of littoral line (terminal sediments), mg.100 g<sup>-1</sup>

Классы органического вещества	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 3	
	20.02.03	8.09.03	20.02.03	8.09.03	20.02.03	8.09.03
Белки	76.4±10.2	101.0±4.4	93.6±11.8	115.4±9.2	290.6±19.0	218.7±17.9
Углеводы	19.6±3.7	15.6±3.2	21.3±4.2	20.1±2.9	27.2±1.2	31.8±6.1
Липиды	46.5±2.9	55.0±3.2	78.1±18.2	50.3±23.0	91.2±20.2	73.5±14.8

Сравнение результатов, приведенных в табл. 1 и 2, показало, что после перемешивания и удаления взвеси органическое вещество на частицах наносов сохранилось примерно в тех же количествах, что и в первоначальном грунте. Это может служить подтверждением высокой прочности соединения первичной слизистой пленки обрастаний с субстратом, а также мно-

гослойностью самой слизистой пленки [1]. Результаты, полученные [9], подтверждают гипотезу, что адсорбция белка на микрочастицах значительно сокращает степень его разрушения и что адсорбция растворенного органического вещества на микрочастицах является

механизмом временного запасаения лабильного растворенного органического вещества.

Наряду с приведенными выше данными изучался переход некоторые фракций углеводов и липидов в морскую воду. В углеводах (рис. 1 A1, B1) наименьшую фракцию составляли полисахариды, которые в ряде случаев находились в следовых количествах, и только на ст. 3 их величина была в пределах  $0.6 - 3.1 \text{ мг.}100 \text{ г}^{-1}$ . Количество моносахаридов составляло  $2.9 - 7.4 \text{ мг.}100 \text{ г}^{-1}$ , при этом наибольшие величины приходились на ст. 3 –  $6.0 \text{ мг.}100 \text{ г}^{-1}$  (20.02.03) и  $7.4 \text{ мг.}100 \text{ г}^{-1}$  (08.09.03). В углеводах преобладали фракции кислото- и щелочерастворимых соединений, сумма которых превышала более, чем в два раза предыдущие фракции. Здесь также наблюдались наиболее высокие величины на ст. 3. Как уже указывалось ранее [3, 4], на ст. 3 отмечено повышенное содержание органических веществ всех классов, поскольку рядом находится канализационный сток. Существенной разницы в величинах фракций углеводов исходного и конечного грунта не наблюдалось.

Во фракционном составе липидов морской воды Черного моря основную группу составляют фракции, на долю которых приходится в среднем не менее 6 % общей суммы липидов – это полярные липиды, свободные жирные кислоты, триглицериды и этерифицированные стеринны + воска. Липофильные вещества обладают отчетливо выраженной способностью к концентрированию на границе раздела фаз – на частицах минеральной взвеси, на детрите, поверхности воды. В результате ферментативного

гидролиза, который особенно активно протекает на поверхности раздела, липофильные вещества переходят в раствор, откуда они могут быть вновь сорбированы [7]. Изменение некоторых фракций липидов приведено на рис. 1 (A2, B2). Наибольшие величины приходятся на полярные липиды и триглицериды. Причем это превалирование наблюдалось как в исходном, так и в конечном грунте. В триглицеридах отмечено четкое снижение величин этой фракции в конечном грунте. Что касается полярных липидов, то снижение отмечалось только в половине случаев. В суммарной фракции жирные кислоты + эфиры жирных кислот обращает внимание тот факт, что в осенних пробах на всех трех станциях эти фракции находились в следовых количествах. В то же время после механической обработки грунта и удаления образовавшейся взвеси эта фракция составляла от  $1.3 \text{ мг.}100 \text{ г}^{-1}$  до  $13.5 \text{ мг.}100 \text{ г}^{-1}$ . Возможно, что после механического воздействия растворитель смог проникнуть в более глубокие слои слизистой пленки. Кроме перечисленных фракций в ряде случаев выделялась фракция жирных спиртов и восков + эфиры стериннов.

Результаты анализа взвеси, полученной после механической обработки наносов, представлены в табл.3.

В пересчете на 100 г взвеси количество органики, перенесенной в морскую воду, в десятки раз выше, чем в наносах.

Таблица 3. Количество органического вещества основных классов в искусственной взвеси,  $\text{мг.}100 \text{ г}^{-1}$  взвеси  
Table 3. Main classes of organic matter quantity in artificial suspension,  $\text{mg.}100 \text{ g}^{-1}$  of suspension

Классы органического вещества	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 3	
	20.02.03	8.09.03	20.02.03	8.09.03	20.02.03	8.09.03
Белки	6685.0 $\pm$ 393.3	3894.1 $\pm$ 943.0	13041.6 $\pm$ 240.0	9563.5 $\pm$ 880.0	56783.8 $\pm$ 954.4	14756.5 $\pm$ 295.0
Углеводы	799.2 $\pm$ 81.6	1384.2 $\pm$ 751.8	1380.8 $\pm$ 110.5	2273.7 $\pm$ 210.0	3886.2 $\pm$ 104.4	3504.4 $\pm$ 485.3
Липиды	1072.3 $\pm$ 107.4	1011.8 $\pm$ 96.5	3422.6 $\pm$ 320.0	1279.9 $\pm$ 297.4	8104.2 $\pm$ 1127.4	2882.2 $\pm$ 612.2

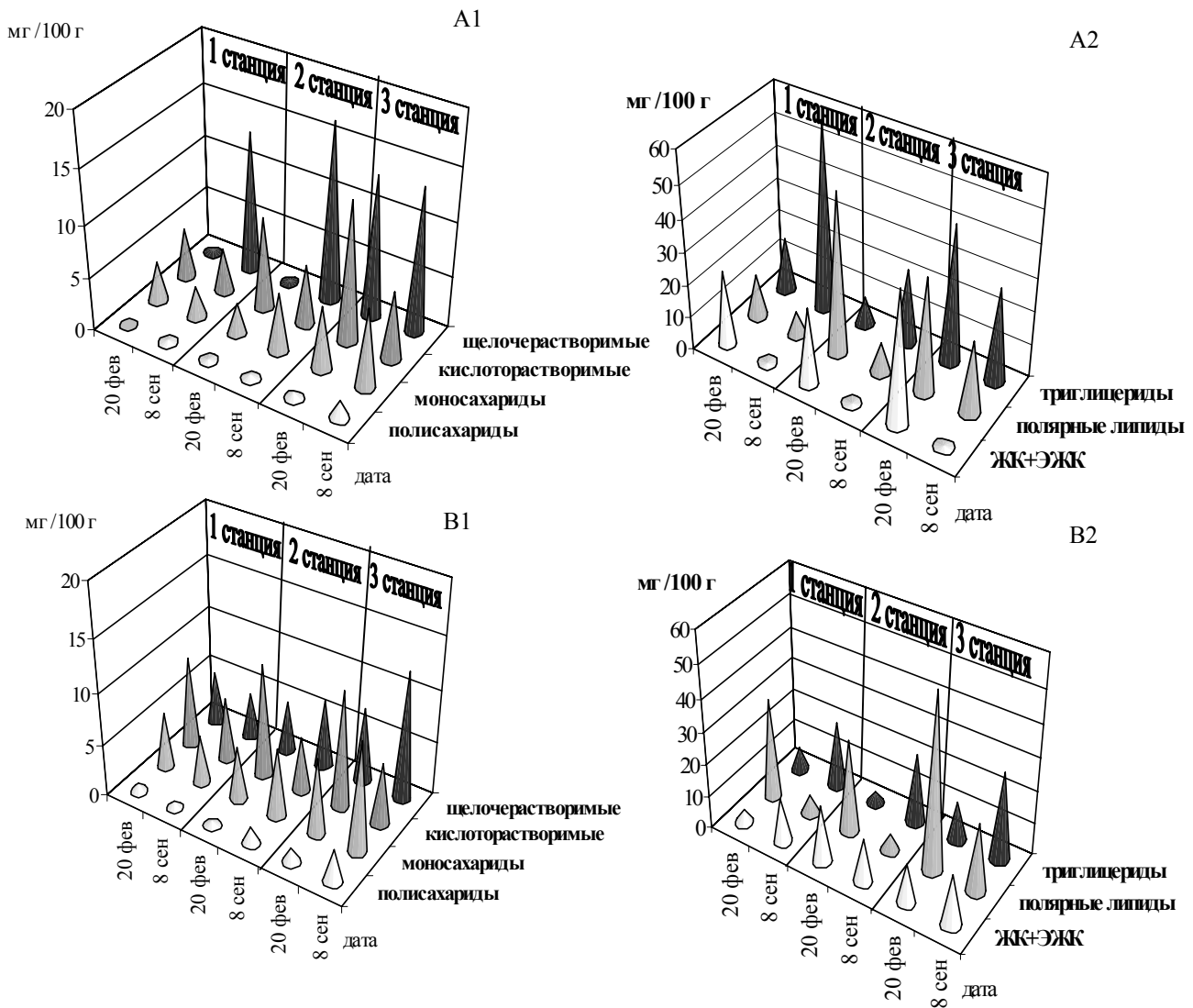


Рис. 1. Содержание углеводов (1) и липидов(2) в исходном грунте (А); в конечном грунте (В)

Fig. 1. The contents of carbohydrates (1) and lipids (2) in initial sediments (А); in terminal sediments (В)

Такое высокое различие, по-видимому, связано с разным соотношением поверхности частиц наносов и взвеси к их массе. Площадь поверхности частиц взвеси намного больше площади частиц наносов при одинаковой массе.

Результаты анализа взвеси, образующейся во время прилива, показали следующее

содержание осеков, углеводов, липидов (в мг.100г<sup>-1</sup>), соответственно: 16608.4, 2188.1, 8541.4. По сравнению со средними аналогичными показателями на ст. 1 (пробы во время прилива отбирались на этой станции), в «прибойной» взвеси содержание основных классов

органических веществ в несколько раз выше. Это свидетельствует, с одной стороны, о том, что механическое воздействие волн на прибрежные наносы больше, чем ручное перемешивание, а с другой стороны, в воду во время прибоя переходят органические вещества из прибрежных наносов более глубоких слоев залегания, а также в результате смыва органики из зоны заплеска.

**Выводы.** Впервые приведены экспериментальные данные о количестве органических

веществ, переходящих с минеральных частиц наносов в морскую воду в результате гидродинамического воздействия, для прибрежных наносов (Севастопольская бухта, Черное море). Отмечено, что количество органических веществ во взвеси в десятки и сотни раз выше, чем определяемое стандартным методом органическое вещество на поверхности минеральных частиц грунта.

1. Горбенко Ю. А. Экология морских организмов перифитона. - К.: Наук. думка, 1977. - 252 с.
2. Миронов О. Г. Санитарно-биологические направления исследований акватории контактной зоны «суша – море» // Экология моря. - 2001. - Вып. 57. - С. 85 - 90.
3. Миронов О. Г., Гапонюк Т. О., Муравьева И. П., Замыслова Т. Н. Белки, аминокислоты и углеводы в прибрежных наносах Севастопольской бухты Черного моря // Морск. экол. журн. - 2003. - 2, № 3. - С. 102 - 107.
4. Миронов О. Г., Гапонюк Т. О., Муравьева И. П., Замыслова Т. Н. Нефтяное загрязнение морских прибрежных наносов // Морск. экол. журн. - 2004. - 3, № 1. - С. 73 - 77.
5. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алемов С. В. Санитарно-биологические аспекты экологии Севастопольских бухт в XX веке / Севастополь: ЭКОСИ - Гидрофизика, 2003. - 185 с.
6. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Кучеренко М. И. и др. Самоочищение в прибрежной акватории Черного моря. - К.: Наук. думка, 1975. - 143 с.
7. Распространение, состав и деструкция липофильных веществ в морской воде / Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды. Под ред. О. Г. Миронова. - Киев: Наук. думка, 1988. - 246 с.
8. Смирнов Г. Н. Океанология. - М.: Высшая школа, 1974. - 342 с.
9. Nagata T., Kirchman D. L. Bacterial degradation of protein adsorbed to model submicron particles in seawater // MEPS. - 1996. - 132. - P. 241 - 248.

Поступила 10 июня 2004 г.

**Organic matter transportation from marine deposits of littoral line to the sea water. O. G. Mironov, I. P. Muraviova, T. O. Gaponyuk, T. N. Zamysova** Data on quantity content of organic matter transported from marine deposits of littoral line mineral particles to the sea water related with hydrodynamic effect were obtained for the first time (Sevastopol Bay, the Black Sea). It manifests that the quantity of organic matter in suspension is higher as much as ten and hundred times as compared to the organic matter on the surface of the ground mineral particles determined by standard methods.

**Key words:** marine deposits of littoral line, organic matter, proteins, lipids, carbohydrates

**Перехід органічних речовин із прибережних наносів у морську воду. О. Г. Міронов, І. П. Муравйова, Т. О. Гапонюк, Т. М. Замислова.** Для прибережних наносів (Севастопольська бухта, Чорне море) уперше приведені дані про кількість органічних речовин, що переходять з мінеральних часток наносів у морську воду в результаті гідродинамічного впливу. Відзначено, що кількість органічних речовин у суспензії в десятки і сотні разів вище, ніж обумовлене стандартним методом органічна речовина на поверхні мінеральних часток ґрунту.

**Ключові слова:** прибережні наноси, органічна речовина, білки, ліпіди, вуглеводи