

# КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

*Игнатъева О.Г.<sup>1)</sup>, Овсяный Е.И.<sup>1)</sup>,  
Романов А.С.<sup>1)</sup>,  
Малахова Л.В.<sup>2)</sup>, Костова С.К.<sup>2)</sup>*

<sup>1)</sup> Морской гидрофизический институт НАН Украины г. Севастополь, ул. Капитанская 2  
<sup>2)</sup> Институт биологии Южных морей им. О.А. Ковалевского НАН Украины г. Севастополь, пр. Нахимова 2

*Рассматривается комплексная геохимическая оценка уровня загрязнения поверхностного слоя донных осадков Севастопольской бухты. Впервые выявлено пространственное распределение тяжелых металлов и полихлорбифенилов в донных осадках. По индексам загрязнения определены зоны токсического риска бухты.*

Донные отложения являются одним из конечных этапов миграции вещества в морских экосистемах. Содержание в них загрязняющих веществ может служить интегральным показателем степени контаминации изучаемых районов.

Одними из основных загрязняющих веществ морской среды по оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) являются тяжелые металлы (ТМ) и хлорорганические соединения (полихлорированные бифенилы (ПХБ)).

Для оценки степени загрязнения Севастопольской бухты альтерогенами были использованы результаты определения содержания ртути, меди, цинка, марганца и ПХБ в пробах поверхностного слоя донных отложений, отобранных в июле 2001 г. по схеме станций, представленной на рис. 1.



Рис. 1 Схема станций отбора проб поверхностного слоя донных осадков Севастопольской бухты в июле 2001 года

Экспедиционные работы проводились при поддержке INTAS (проекты 99-01390 и 01-0788).

Пробы донных осадков отбирали с поверхности (0-5 см) дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup>. Для анализа использовали центральную часть осадка, которая не соприкасалась со стенками пробоотборника. До анализа пробы хранили в морозильной камере при t = - 10°C.

Гранулометрический анализ производили ситовым методом сухого рассеивания с набором сит 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 и 0,05 мм. Среднюю пробу для анализа отбирали методом квартования.

Тяжелые металлы в донных осадках определяли атомно-абсорбционным методом после экстракции смесью концентрированной азотной кислоты и пероксида водорода [4], с последующим измерением концентрации металлов в полученном растворе на атомно-абсорбционном спектрофотометре "Сатурн-3-П1" с электротермическим атомизатором.

Определение ртути проводили методом непламенной атомной абсорбции на анализаторе «Юлия-2» [3].

Содержание ПХБ в осадках определяли газохроматографическим методом на хроматографе модели 3700 с детектором электронного захвата (источник ионизации <sup>63</sup>Ni), стеклянной набивной колонкой 1,5 м x 3 мм, заполненной Хроматоном N-AW-DMCS (0,16-0,20 мм) с нанесенной жидкой фазой SE-30 5% по известной методике [1].

Комплексную оценку загрязнения донных осадков Севастопольской бухты проводили при помощи факторов загрязнения и индексов загрязнения [5].

Одной из главных характеристик техногенного загрязнения является его интенсивность, которая определяется степенью накапливания загрязняющего элемента в осадках по сравнению с природным фоном. Эту характеристику называют фактором загрязнения (ФЗ) и рассчитывают по формуле:

$$ФЗ = C_i / C_{ф}$$

где ФЗ - фактор загрязнения,

C<sub>i</sub> - концентрация элемента в изучаемом объекте,

C<sub>ф</sub> - фоновая концентрация элемента.

В качестве фоновых значений C<sub>ф</sub> были взяты концентрации, полученные на

всего имеют многоэлементный состав, то для каждой станции были рассчитаны индексы загрязнения, представляющие собой средние геометрические значения факторов загрязнения для каждой станции.

$$ИЗ = \sqrt[i]{\Phi_1 \times \Phi_2 \times \dots \times \Phi_i} \quad [5]$$

где ИЗ – индекс загрязнения,

$i$  – число контаминантов.

Это позволило произвести комплексную относительную оценку загрязнения бухты и выявить зоны токсического риска.

ТМ и ПХБ попадают в донные осадки в результате процессов седиментации и оказываются аккумулярованными в них. Адсорбционная и десорбционная способность седиментов зависит, прежде всего, от размеров частиц осадка.

На рисунке 2 представлена трехкомпонентная диаграмма, построенная по результатам гранулометрического анализа.

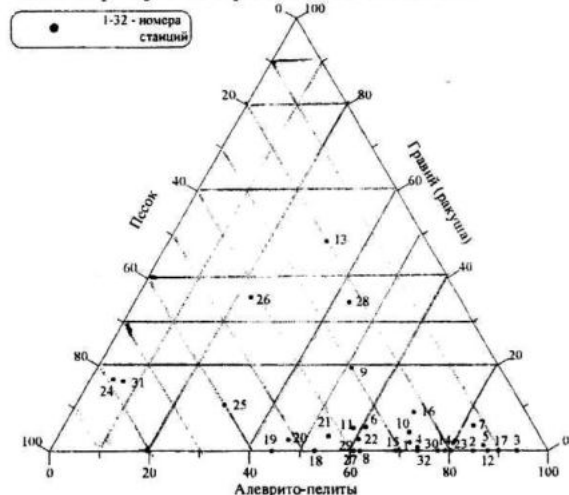


Рис.2 Трехкомпонентная диаграмма гранулометрического состава донных осадков

Очевидно, что в донных отложениях Севастопольской бухты отсутствовали крупнозернистые фракции. Точки диаграммы, сосредоточенные в правом нижнем углу треугольника, отражают количественные отношения мелкодисперсных фракций, которые составляют преобладающее большинство. Так, на станциях 9, 13, 24, 25, 26, 28, 31 физико-химические свойства седиментов определялись в основном песками, на станциях 1, 8, 11, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 29 – как алевропелитами, так и песчаной фракцией. В остальных пробах приоритетной являлась мелкодисперсная илистая фракция, определяющая свойства осадков, в том числе и сорбционную емкость.

Распределение гранулометрических фракций в поверхностном слое донных отложениях Севастопольской бухты определяется литодинамическими и гидродинамическими факторами. Существование двух встречных потоков, речного и из открытого моря, способствует образованию в центральной части бухты области скопления мелкоалевритовых и пелитовых фракций. Это обуславливает высокую сорбционную емкость осадков в данном районе.

Присутствие относительно высокой доли песчаных фракций в донных отложениях районов, несущих повышенную антропогенную нагрузку, может сказаться отрицательно, снизив сорбционные и увеличив десорбционные свойства (Артиллерийская и Южная бухты). В случае турбулентной диффузии влияние осадков на содержание техногенных загрязнителей в толще воды может быть длительным, хотя и менее интенсивным.

На рис.3 представлены диаграммы  $\Phi_3$  тяжелых металлов и ПХБ.

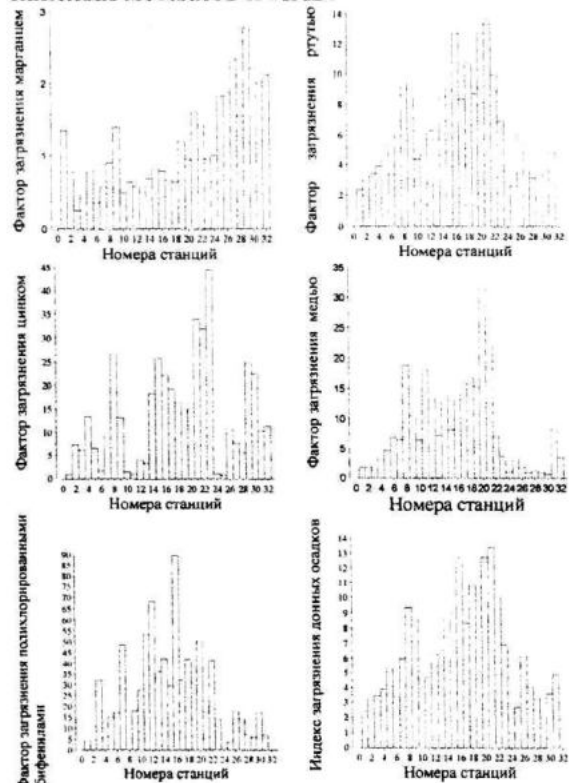


Рис.3 Факторы загрязнения и индексы загрязнения донных отложений (0-5 см) Севастопольской бухты

Очевидно, что только Мп не имел высоких значений  $\Phi_3$ . Для остальных элементов и соединений они гораздо выше. Сопоставление представленных данных с данными

ление представленных данных с данными по источникам загрязнения в Севастопольской бухте [2] и описанным выше гранулометрическим составом донных осадков, показывает, что загрязнение тяжелыми металлами и ПХБ – веществами совершенно разной природы, контролировалось распределением алевро-пелитового материала и местонахождением источников техногенного загрязнения.

Основываясь на величине индекса загрязнения, можно условно выделить несколько зон, отличающихся по степени антропогенной нагрузки: от 1 до 3 – незагрязненные зоны, 4 – 6 – умеренно загрязненные зоны, 7 – 9 – зоны сильного загрязнения и выше 9 – зоны токсического риска.

Последние приурочены к местам наиболее интенсивного сброса промышленных и коммунальных стоков. Протяженность и конфигурация этих зон определяется гидрологическим режимом и морфологическими особенностями Севастопольской бухты. В кутовой части бухты течения реки Черной формируют песчаную фракцию осадков, плохо аккумулирующую загрязняющие вещества. То же самое происходит и в районе выхода из бухты, усугубляясь более интенсивным водообменом с открытым морем, вследствие чего здесь сформировались незагрязненные и умеренно загрязненные зоны. Размещение выпусков сточных вод и судоремонтных площадей в бухте Южной и на противоположенной части Северной стороны привело к формированию устойчивой протяженной зоны повышенного содержания загрязнителей. Наличие в этом районе квазистационарного круговорота и скопление мелкодисперсных фракций в осадках усиливает способность к накоплению контаминантов в донных отложениях этой части бухты, определяя нахождение здесь зон сильного загрязнения и токсического риска.

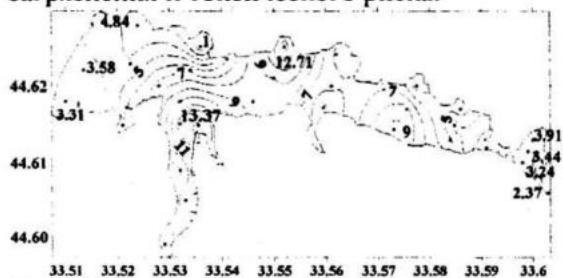


Рис.4 Распределение индексов загрязнения донных осадков Севастопольской бухты

Максимальное значение индекса загрязнения – 13.37 (ст.21) приурочено к акватории, примыкающей к Севморзаводу им. Орджоникидзе. На Северной стороне бухты, в районе стоянки военных судов, индекс загрязнения составлял величину, равную 12.71, а в районе сухого дока – более 9. На остальной территории бухты ИЗ превышали величину индекса фоновой станции в 2-5 раз. При этом саму фоновую станцию можно считать чистой лишь условно, так как она расположена в пределах бухты.

Вызывают опасение определившиеся зоны токсического риска. В условиях продолжающегося поступления тяжелых металлов и полихлорированных бифенилов в воды бухты эти зоны грозят стать очагами экологического бедствия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по определению загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси. РД 52.10.556-95. / Москва, Гидрометеиздат. – 1996. – С. 83-99.
2. Овсяный Е.И., Романов А.С., Миньковская Р. Я., Красновид И.И., Озюменко Б.А., Цымбал И.М. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Сб. научн. тр. НАН Украины, МГИ, ОФ ИнБЮМ. 2001.В.2.С.138–152.
3. Унифицированные методы мониторинга фоновое загрязнения природной среды. Под ред. Ровинского Ф.Я. Москва. Гидрометеиздат. -1986. - С.82-95.
4. Krishnamurthy K.V., Shoirt E., Reddy M.M. Trace metal extraction of soil and sediments by nitric acid-hydrogen peroxide. – Atom. Absorption Newsletter, 1976, vol.15, № 3, p.68-70.
5. Tomlinson D.L., Wilson J.G., Harris C.R., Jeffrey D.W. Problems in the assessment of heavy metal levels in estuaries and formation a pollution index, - Helgolander Meeresunters, 1980, 33, p.566-575.