

УДК 556(477.75):504

О. Г. Игнатъева,  
Е. И. Овсяный,  
А. С. Романов ✉

## Загрязнение седиментов Севастопольской бухты тяжелыми металлами

Морской гидрофизический институт НАНУ г. Севастополь, Украина

**Аннотация.** Проведены исследования уровня загрязнения Севастопольской бухты тяжелыми металлами. Выявлены протяженные устойчивые зоны повышенного содержания тяжелых металлов. Обсуждаются возможные отдаленные экологические последствия техногенного загрязнения акватории бухты.

**Ключевые слова:** техногенное загрязнение, антропогенная нагрузка, тяжелые металлы.

Загрязнение прибрежных акваторий высокотоксичными альтерогенами – неизбежный результат хозяйственной деятельности человека. Тяжелые металлы (ТМ) не подвержены биodeградации, обладают кумулятивным и синергическим действием, длительное время сохраняют активность, что приводит к долговременному их влиянию на водную среду. Опасность загрязнения ТМ природных сред прежде всего обуславливается возникновением зон токсического риска [2, 3]. Изучение донных осадков (ДО) – более консервативной составляющей природной среды, позволяет выявить тенденции снижения или роста антропогенной нагрузки на изучаемую акваторию.

Исследование основных источников загрязнения Севастопольской бухты показало, что бухта служит коллектором различных видов загрязнения, которые аккумулируются донными отложениями. Формирующиеся в бухте динамические образования в сочетании с морфологическими особенностями дна оказывают влияние на процессы осадконакопления и, как следствие, на накопление ТМ в ДО [4].

Выбрав в качестве объекта исследования Севастопольскую бухту, авторы настоящей работы рассматривали содержание Cu, Zn и Mn в поверхностном слое ДО, так как эти металлы относятся к различным типам распределения элементов в седиментогенезе. Работа проводилась при финансовой поддержке INTAS (проекты 99-01390 и 01-0788).

### Материал и методы исследования.

Пробы ДО отбирались дночерпателем типа Петерсена с площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup> по схеме станций представленных на рисунке 1.

Для анализа использовали центральную часть осадка, которая не соприкасалась со стенками пробоотборника. До анализа пробы хранили в пластиковой посуде в морозильной камере при t = -10°C.

**Гранулометрический анализ** производили ситовым методом разделения грунта на фракции без промывки водой (сухое рассевание) набором сит 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 и 0,05 мм, после высушивания образцов до постоянного веса при температуре 105°C и определения естественной влажности.

**Органический углерод** определяли после окисления образца хромовосернистой смесью по модификации Орлова [5].

**Окислительно-восстановительный потенциал и pH** осадков измеряли по методике Шишкиной [6].

**Определение тяжелых металлов** в ДО проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре "Сатурн-3-П1" с электротермическим атомизатором проб "Графит-2" и дейтериевым корректором фона, с предварительным разложением проб ДО смесью концентрированной азотной кислоты и пероксида водорода [1].

**Результаты.** По результатам гранулометрического анализа ДО Севастопольской бухты представлены в основном песчаными алевроито-пелитами. Меньшую часть составляли алевроито-пелитовые пески и заиленные ракушники. Преобладающей была мелкодисперсная илистая фракция, которая определяет в значительной мере и сорбционную емкость ДО.

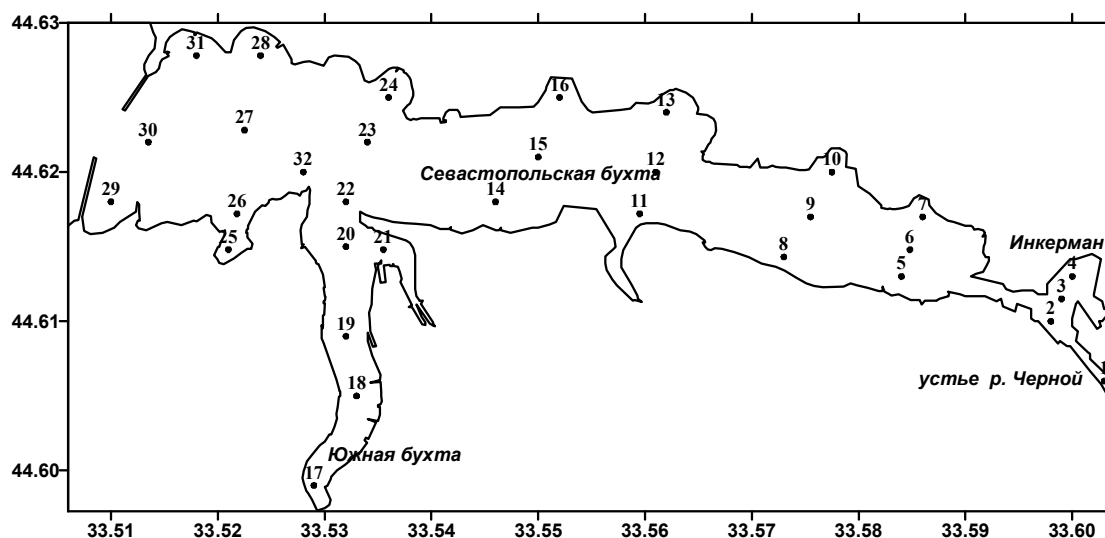


Рис. 1. Схема станций отбора проб поверхностного слоя донных осадков Севастопольской бухты в июле 2001 года

В зависимости от величины антропогенной нагрузки и с учетом гранулометрического состава ДО, Севастопольская бухта была разделена на шесть районов.

1. Устье реки Чёрной: ст. 1
2. Район Инкермана: ст. 2, 3, 4.
3. Район нефтегавани, судоремонтного дока и бухты Голландия: ст. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13.
4. Центральная часть Севастопольской бухты: ст. 11, 12, 14, 15, 16, 22, 23, 27, 32.
5. Южная бухта: ст. 17, 18, 19, 20, 21.
6. Район выхода из бухты: ст. 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31.

Для этих районов была сделана приближительная оценка соотношения алеврито-пелитовых и песчаных фракций а также вы-

числено содержание определяемых металлов, pH и органического углерода.

В таблице приведены средние значения концентраций в выделенных шести районах бухты. Максимальные концентрации Cu и Zn приурочены к местам разгрузки техногенных стоков – центральная часть бухты и особенно - Южная бухта, где сосредоточены промышленные судостроительные и судоремонтные предприятия. В локализации максимальных концентраций четко проявляется их связь с глинистым материалом, который является активным сорбентом ТМ.

Таблица. Концентрации тяжелых металлов (мг/кг, сухого веса), pH и органического углерода в поверхностном слое (0-5 см) донных осадков Севастопольской бухты

Район	Вид осадков	% от общей площади	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Mn, мг/кг	pH	C орг. % масс.
1	алеврито-пелиты	100	1.02	0.14	10.75	7.87	2.00
2	алеврито-пелиты	100	1.07	1.46	3.19	7.80	3.83
3	алеврито-пелиты	85	4.74	1.92	6.53	7.85	5.69
3	пески	15	4.11	0.33	3.46	7.90	4.08
4	алеврито-пелиты	100	4.39	0.79	6.67	8.10	3.95
5	пески	100	11.19	3.22	7.10	8.13	5.44
6	алеврито-пелиты	7	0.43	4.27	19.43	7.99	1.71
6	пески	93	0.93	0.36	13.00	7.79	1.61

В целом характер распределения Zn, как и Cu, носит ярко выраженный техногенный характер. В зонах повышенных концентраций Zn и Cu регистрировались отрицательные значения Eh (до -129 mV), повышенные значения pH и массовой доли органического углерода (выше 4%), свидетельствующие о загрязнении ДО и их антропогенном происхождении.

Распределение Mn в поверхностном слое ДО вероятнее всего не носит антропогенного характера, а определяется внутриводоемными процессами: при изменении окислительной обстановки на восстановительную (Eh +20 ч -190 mV) марганец способен накапливаться в водной среде до довольно значительных концентраций (до 8000 µM).

Одной из главных характеристик техногенного загрязнения является его интенсивность, которая определяется степенью накопления загрязняющего элемента по сравнению с природным фоном. Показатель интенсивности загрязнения – фактор загрязнения ( $\Phi Z$ ) рассчитывался по формуле:  $\Phi Z = C_i / C_{\phi}$ , где  $C_i$  – концентрация элемента в изучаемом объекте,  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация элемента.

В качестве значений  $C_{\phi}$  приняты относительно пониженные значения найденные на станции 24. Поскольку техногенные аномалии чаще всего имеют полуэлементный состав, то для каждой станции были рассчитаны индексы загрязнения ( $IЗ$ ), представляющие средние геометрические значения факторов загряз-

нения по каждому микроэлементу.

$IЗ = \sqrt[i]{\Phi Z_1 \times \Phi Z_2 \times \dots \times \Phi Z_i}$ , где  $i$  – число металлов [7].

Максимальное значение индекса загрязнения (рис.2) – 10.71, ст.21 приурочено к акватории примыкающей к судостроительному заводу, высокие значения в Южной бухте, в районе судоремонтного дока, в центре бухты на ст.14,15 и 16, а также на ст.31, где осуществляются аварийные сбросы с Северной стороны. На остальной территории бухты  $IЗ$  превышают величину индекса фоновой станции в 2-5 раз, между тем самую фоновую станцию можно считать лишь условно чистой, так как она расположена в пределах бухты.

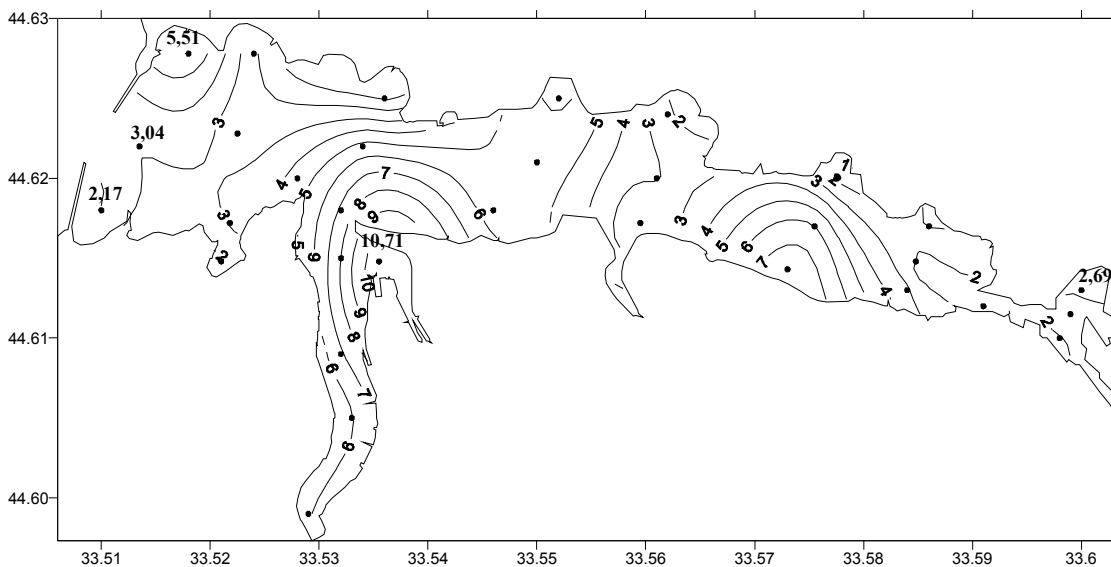


Рис.2. Распределение индекса загрязнения ( $IЗ$ ) в поверхностном слое донных осадков (0-5 см) Севастопольской бухты

**Выводы.** Размещение большинства выпусков сточных вод и судоремонтных площадей в бухте Южной и в центральной части Северной стороны привело к формированию устойчивой протяженной зоны повышенного содержания ТМ. Высокие концентрации микроэлементов в воде и ДО отрицательно сказываются на компонентах морской биоты. Они вызывают так называемые "отдаленные эффекты", затрагивая воспроизводство и биопродуктивность, создавая угрозу не только для отдельных организмов, но и для целых популяций. Поэтому определившиеся зоны токсического риска вызывают опасение. В условиях продолжающегося поступления тяжелых металлов в воды бухты эти зоны грозят стать очагами экологического бедствия.

### Литература

1. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. – М.: Химия, 1984 – 432 с.
2. Брукс Р.Р. Химия окружающей среды. – М.: Химия, 1982. – 371 с.
3. Мур Д.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в придонных водах. – М.: Мир, 1988. – 287 с.
4. Овсяный Е.И., Кемп Р.Б., Релетин Л.Н., Романов А.С. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты в условиях антропогенного воздействия (по наблюдениям 1998-1999 гг.) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2000. – С. 79-103.
5. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 272 с.

6. Шишкина О.В. Определение окислительно-восстановительного потенциала и рН морских осадков. //Методы исследования органического вещества в океане. – М.: Наука, 1980. – С. 304-310.
7. 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. V.33. – P. 566 - 575.

---

**Анотація.** О.Г. Ігнат'єва, Е.І. Овіяний, О.С. Романов **Забруднення седиментів Севастопольської бухти важкими металами.** Проведено дослідження рівня забруднення Севастопольської бухти важкими металами. Виявлено протяжні стійкі зони підвищеного вмісту тяжких металів. Обговорюються можливі віддалені екологічні наслідки техногенного забруднення акваторії бухти.

**Ключові слова:** техногенне забруднення, антропогенне навантаження, важкі метали.

**Abstract.** O.G. Igtatieva, E.I. Ovsyanyi, A.S. Romanov **Heavy metal pollution of sediments in Sebastopol bay.** The level of heavy metal pollution in Sebastopol bay was investigated. The steady and extended pollution zones with higher level of heavy metal were revealed. The possible remote ecological consequences of technogenous pollution are discussed.

**Key words:** technogenous pollution, antropogenous loads, heavy metals.

Поступила в редакцію 25.04.2004.