

УДК 551.46 (262.5)

Е. И. Овсяный, О. Г. Игнатьева, А. С. Романов, Е. Г. Кириченко

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДОННЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ ОТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОСАДКОВ (СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ БУХТА, ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Основные природные процессы, влияющие на химический состав донных осадков, достаточно хорошо известны. Это, прежде всего, механическая дифференциация и ранний диагенез. Влияние механической дифференциации обусловлено неравномерным распределением химических элементов и соединений по гранулометрическим фракциям осадка, в частности обогащением мелкоалевритовых и пелитовых фракций большинством загрязняющих веществ. Диагенез сопровождается деструкцией органических соединений и перераспределением некоторых металлов между твердой и жидкой фазами, на что большое влияние оказывают величины Eh и pH.

Последние годы активно обсуждаются планы туристического и рекреационного развития Севастопольского региона. Реализация этих планов вызовет неизбежное увеличение выноса загрязняющих веществ, в том числе и тяжелых металлов, в прибрежную зону, в частности в Севастопольскую бухту. В связи с этим необходимо оценить существующий уровень загрязнения и сорбционные возможности донных осадков.

Целью данной работы являлось изучение распределения тяжелых металлов (Cu, Zn) в поверхностном слое седиментов в зависимости от физико-химических параметров донных отложений. Работа проводилась при финансовой поддержке INTAS (проекты 99-01390 и 01-0788).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Тридцать три пробы донных осадков (ДО) были отобраны со дна Севастопольской бухты с поверхности (0-5 см) дночерпателем типа Петерсена с площадью захвата 0,025 м². Для анализа использовали центральную часть осадка, которая не соприкасалась со стенками пробоотборника. Пробы для определения тяжелых металлов помещали с помощью пластмассового шпателя в полиэтиленовые банки с завинчивающейся пробкой объемом 100 см³. До анализа пробы хранили в морозильной камере при $t = -10^{\circ}\text{C}$.

В процессе исследований применялись гранулометрический и химические методы анализа [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Размеры частиц осадка являются одним из наиболее важных факторов, влияющих на адсорбционную способность ионов тяжелых металлов. Донные осадки

Севастопольской бухты представлены в основном песчаными алеврито-пелитами. В меньшей степени встречаются алеврито-пелитовые пески и заиленные ракушники. В большинстве проб приоритетной является илистая мелкодисперсная фракция, определяющая высокую сорбционную емкость донных отложений.

Способность к катионному обмену объясняется как развитой активной поверхностью седиментов высокой степени дисперсности, так и физико-химическими особенностями глинистых минералов, в основном их составляющих. Морфометрические характеристики поверхностного слоя донных отложений Севастопольской бухты должны обуславливать достаточно высокую емкость их катионного обмена.

К числу основных показателей физико-химического состояния осадков относятся величины Eh, pH и содержание органического вещества.

Анализ полученных результатов показывает, что восстановленные илы (Eh в диапазоне от +20 до - 120 мВ) занимают более 50% площади акватории. Основные районы сосредоточения восстановленных осадков – верховье и центральная часть Севастопольской бухты и её ответвление – Южная бухта. Отдельное внимание обращают на себя участки восстановленных илов в районе, примыкающем к входу в бухту, и в Артиллерийской бухте. Максимальные значения pH в поверхностном слое ДО (pH = 8.00-8.55) наблюдались в Южной бухте (табл.).

Таблица.

Концентрации тяжелых металлов, органического углерода и pH в поверхностном слое донных осадков (0-5 см) Севастопольской бухты

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

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.

Пространственное распределение меди весьма неоднородно по площади акватории (табл.). В верховье бухты, которая наиболее подвержена влиянию речного стока, отмечаются минимальные концентрации меди (0.8-1.9 мг/кг). Концентрации такого же порядка наблюдаются на выходе из бухты, что определяется динамикой и гидрохимическим режимом вод в этом районе. В целом медь проявляет себя как типично техногенный металл: его максимальные концентрации приурочены к местам разгрузки техногенных стоков – южная сторона Севастопольской бухты и особенно -

Южная бухта, где сосредоточены промышленные судостроительные и судоремонтные предприятия. В локализации максимальных концентраций меди четко проявляется её связь с глинистым материалом, который является активным сорбентом этого металла. Величина коэффициента корреляции меди с мелко-пелитовыми фракциями осадка ($r = 0,70$) свидетельствует о весьма значимой связи. Также прослеживается связь между содержанием в донных отложениях меди и органического вещества: районы повышенных концентраций Corg совпадают с районами повышенных концентраций Cu , что объясняется высокой степенью вовлечения меди в процессы комплексообразования с органическим материалом в поровых водах донных отложений.

Прочность связей цинка с донными отложениями и взвешенными частицами меньше, чем у меди, так как цинк является более подвижным металлом. Пространственное распределение цинка неоднородно по площади бухты (табл.). Максимальные концентрации связаны с мелкодисперсными отложениями бухты Корабельной и района Павловского мыса. Величина коэффициента корреляции цинка с мелко-пелитовыми фракциями осадка ниже, чем у меди: $r = 0,24$, однако коэффициент корреляции цинка с содержанием песчаных фракций еще ниже $r = 0,017$. Высокие концентрации цинка в донных отложениях сопровождают места стоянки и ремонта судов и яхт, в которых производится их окраска. В целом характер распределения цинка, так же как и меди, носит ярко выраженный техногенный характер.

Таким образом, зоны повышенных концентраций цинка и меди совпадают с зонами распространения мелкодисперсных восстановленных фаций. Миграция изучаемых металлов по акватории бухты контролируется распределением мелкодисперсного материала и местонахождением источников техногенного загрязнения.

Сравнение уровней концентрации меди и цинка в донных отложениях Севастопольской бухты и Балтийских гаваней (Рижской и Вентспилской) [2] показало, что они примерно одинаковы, несмотря на меньшую промышленную нагрузку Севастопольского региона. В условиях продолжающегося поступления тяжелых металлов в воды бухты эти зоны грозят стать очагами экологического бедствия.

Список литературы

1. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. // Reference Method For Marine Pollution Studies, - UNEP – 1995.- No.63. - 74 p.
2. Jansons M. Contamination of sediments with trace metals in harbours of Latvia. //Proc. Latvian Acad. Sci., Riga, 1998.- V. 52. - P. 72-76.

Поступила в редакцию 15.05.2002 г.